

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Návrh úprav křižovatky Porubská – Nábřeží SPB

v Ostravě-Porubě za účelem zvýšení bezpečnosti provozu

Modifications of Intersection Porubská – Nábřeží SPB

in Ostrava-Poruba in Order to Increase of Road Traffic Safety

Proposal

Student:

Jakub Sládek

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.

Ostrava 2010

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jakub Sládek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Těšínská 482, Ostrava – Bartovice, 717 00

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SLÁDEK, J. *Návrh úprav křižovatky Porubská – Nábřeží SPB v Ostravě-Porubě za účelem zvýšení bezpečnosti provozu: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2010, 65 s. Vedoucí práce: Olivková, I.

Bakalářská práce obsahuje návrh okružní křižovatky a světelného signalizačního zařízení včetně výkresové dokumentace. Úvodní část obsahuje popis křižovatky Porubská – Nábřeží SPB a její dopravní průzkum. Následně je analyzována nehodovost a konfliktní situace. Hlavním bodem je návrh okružní křižovatky pomocí metody Brillona a Stuweho, metody EPFL, VSS a návrh světelného signalizačního zařízení metodou spotřeby času. Optimální varianta je zvolena na základě ekonomicko-bezpečnostních kritérií.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

SLÁDEK, J. *Modifications of Intersection Porubská – Nábřeží SPB in Ostrava-Poruba in Order to Increase of Road Traffic Safety Proposal: Bachelor Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2010, 65 p. Thesis head: Olivková, I.

Bachelor's thesis includes layout of traffic circle and traffic lights, including drawings. The first part contains a description of the intersection Porubská - Nábřeží SPB and its traffic survey. Then there is analyzed amount of accidents and conflict's situations. The main point is to design tradic circle by the method of Brillon and Stuwe, methods EPFL, VSS and design of traffic lights by the method of consumption time. The optimal option is selected on the basis of economic and security criteria.

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval své vedoucí bakalářské práce paní doc. Ing. Ivaně Olivkové, Ph.D., za podnětné připomínky a odbornou pomoc při zpracování bakalářské práce, panu Ing. Vladislavu Křivdovi, Ph.D., za odborné konzultace, a v neposlední řadě své přítelkyni a rodině za ohleduplnost a trpělivost.

OBSAH:

Strana

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ.....	9
0 ÚVOD.....	11
1 POPIS DANÉ OBLASTI.....	12
1.1 POPIS KŘÍŽOVATKY PORUBSKÁ – NÁBŘEŽÍ SPB.....	12
1.2 DOPRAVNÍ PRŮZKUMY.....	14
1.2.1 Průzkum dopravních intenzit na dané křižovatce.....	14
1.2.1 Vyhodnocení získaných dat.....	15
2 ANALÝZA DOPRAVNÍ NEHODOVOSTI A KONFLIKTNÍCH SITUACÍ...18	18
2.1 NEHODOVOST V ČESKÉ REPUBLICE.....	18
2.1.1 Nehodovost města Ostravy.....	19
2.1.2 Nehodovost na křižovatce Porubská – nábreží SPB.....	20
2.2 KONFLIKTNÍ SITUACE – FOLPRECHTOVA VIDEOANALÝZA.....	21
2.2.1 Konfliktní situace na křižovatce Porubská – nábreží SPB.....	22
3 NÁVRH ÚPRAV PRO ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI V PROVOZU.....24	24
3.1 NÁVRH OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKY.....	24
3.1.1 Definice a terminologie.....	24
3.1.2 Kolizní body tříramenné okružní křižovatky.....	27
3.1.3 Zásady při navrhování okružní křižovatky.....	28
3.2 VÝPOČTY PRO OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKU.....	29
3.2.1 Kapacita vjezdu podle Brilona a Stuweho.....	30
3.2.2 Kapacita vjezdu podle metody EPFL.....	33
3.2.3 Kapacita vjezdu podle metody VSS.....	37
3.2.4 Srovnání rezerv všech použitých metod.....	40
3.3 NÁVRH SVĚTELNÉHO SIGNALIZAČNÍHO ZAŘÍZENÍ.....	41
3.3.1 Definice a terminologie.....	41
3.3.2 Kolizní body tříramenné stykové křižovatky.....	44
3.3.3 Zásady při navrhování světelného signalizačního zařízení.....	45
3.4 VÝPOČTY PRO ŘÍZENOU KŘÍŽOVATKU.....	47
3.4.1 Fázové schéma.....	47
3.4.2 Výpočet mezičasů.....	47

3.4.3	Stanovení efektivního pořadí fází.....	51
3.4.4	Metoda spotřeby času.....	52
3.4.5	Zhodnocení použité metody podle spotřeby času.....	56
4	ZHODNOCENÍ NÁVRHU Z HLEDISKA BEZPEČNOSTNÍHO A EKONOMICKÉHO.....	57
4.1	ZHODNOCENÍ NÁVRHU OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKY.....	57
4.2	ZHODNOCENÍ NÁVRHU ŘÍZENÉ KŘÍŽOVATKY SSZ.....	59
4.3	VÝBĚR NEJVHODNĚJŠÍHO NÁVRHU.....	61
5	ZÁVĚR.....	62
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	63
7	SEZNAM PŘÍLOH.....	65

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

<i>Zkratka</i>	<i>Význam</i>
SPB	Svaz Protifašistických bojovníků
MHD	městská hromadná doprava
SSZ	světelné signalizační zařízení
atd.	a tak dále
j.v.	jednotková vozidla

<i>Symbol</i>	<i>Význam</i>	<i>Jednotka</i>
ALG_e	stupeň vytížení	[%]
A, B	koefficienty okružní křižovatky	[j.v./h]
b	vzdálenost mezi kolizními body	[m]
C	délka cyklu	[s]
C_A	kapacita dopravního proudu	[j.v./h]
CW	průměrné zdržení na vjezdu	[s]
I	intenzita dopravního směru	[j.v./h]
K	kapacita	[j.v./h]
K	výsledný koeficient faktoru omezení pro vyšetřovaný směr	[-]
K_{narust}	nárůstový koeficient	[-]
k_{ch}	koeficient intenzity chodců	[-]
k_n	koeficient počtu řadicích pruhů	[-]
k_{odb}	koeficient poměru odbočujících a přímo jedoucích vozidel	[-]
$k_{šř}$	koeficient šířky řadicího pruhu	[-]
k_{skl}	koeficient sklonového poměru	[-]
L_e	kapacita vjezdu	[j.v./h]
L_n	najíždějící dráha	[m]
L_v	vyklizovací dráha	[m]
l	délka řadicího pruhu	[m]
l_{voz}	délka vozidla	[m]
M	intenzita dopravního proudu	[j.v./h]
n	počet řadicích pruhů	[-]
Q_a	intenzita dopravního proudu	[j.v./h]

Q_e	intenzita vozidel	[j.v./h]
Q_k	intenzita dopravního proudu	[j.v./h]
R	rezerva	[%]
S	saturovaný tok	[j.v./h]
t_b	bezpečnostní doba	[s]
t_m	mezičas	[s]
t_{mskut}	skutečný mezičas	[s]
t_n	najíždějící doba	[s]
t_v	vyklizovací doba	[s]
v_n	najíždějící rychlost	[m·s ⁻¹]
v_v	rychlost vyklízejícího vozidla nebo chodce	[m·s ⁻¹]
$Z_{v,i}$	délka zelené fáze	[s]
α, β	koeficienty okružní křižovatky	[-]

0 Úvod

Doprava je jednou z nejstarších činností člověka, která výrazně přispěla k rozvoji společnosti, osídlení, státu, národního hospodářství, kultury, osobností a vnitřní politiky. Neoddiskutovatelná je potřeba přemístění ve všech fázích vývoje lidské společnosti. Rozvoj dopravy se odvíjel od úrovně společenských potřeb [1].

Doprava a její úroveň měla v dějinách velký význam i pro rozmístění vznikajících sídlišť a jejich růst i rozvoj celých oblastí. Města vznikala na křižovatkách obchodních cest. Města vzniklá z jiných důvodů bylo nutno vhodným druhem dopravy propojit s ostatním územím [1].

Se samotnou silniční dopravou je úzce spjata i bezpečnost silničního provozu. Abychom zvýšili celkovou bezpečnost na pozemních komunikacích, je potřeba eliminovat počet dopravních nehod na minimum. Ve většině případů jsou za příčinu dopravní nehody odpovědní především samotní účastníci silničního provozu, kteří nedodržují povolenou rychlost, řídí pod vlivem alkoholu či jiných omamných látek, přecházejí komunikaci mimo vyznačená místa, zkrátka nedbají rad, předpisů a příkazů.

Za vznik dopravních nehod mohou také vnější vlivy. Jedním z nich je i organizace a řízení silniční dopravy. Jedná se o opatření, která by měla zajistit zlepšení plynulosti a zvýšení bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích. Bohužel v důsledku neustálého růstu počtu motorových vozidel na jednoho obyvatele (stupeň motorizace), není možno tuto plynulost a bezpečnost zajistit na všech křižovatkách a jím přilehlých komunikacích, takže neodpovídají parametrům a stávají se tak rizikovou oblastí jak pro okolí, tak i pro samotné účastníky silničního provozu. Tyto oblasti jsou pak podrobeny důkladné analýze. Po vyhodnocení naměřených dat se rozhoduje, zdali ještě limity splňuje nebo se musí navrhnout stavebně - technické úpravy.

Cílem práce je zajistit bezpečnost a plynulost provozu na křižovatce Porubská – nábreží SPB v Ostravě-Porubě.

V práci je obsažen návrh dvou variant řešení. Návrh okružní křižovatky a návrh světelného signalizačního zařízení.

1 Popis dané oblasti

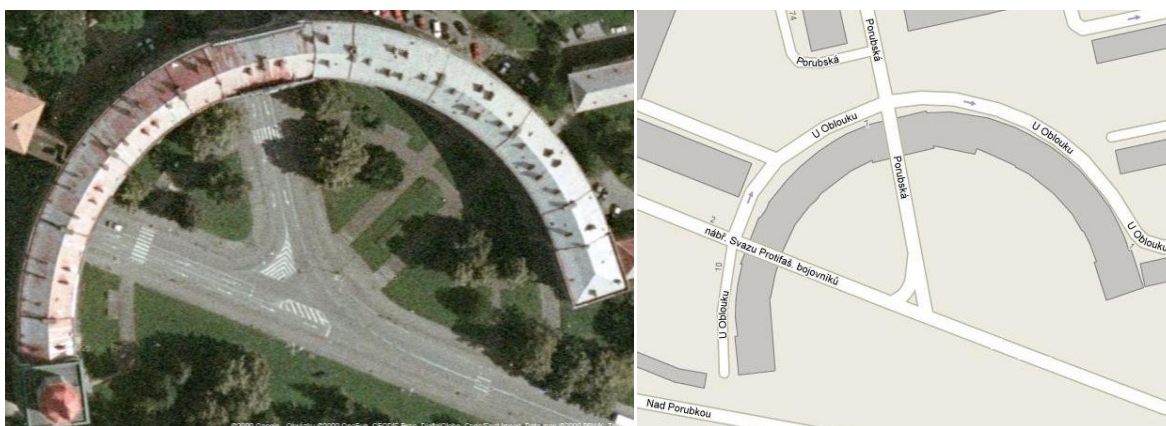
Poruba je někdejší obec, roku 1957 připojená k Ostravě, od 24. listopadu 1990 jeden z městských obvodů statutárního města Ostravy. Rozkládá se na západě města, v jeho slezské části a je jedním z nejlidnatějších ostravských obvodů. V současnosti žije v Ostravě-Porubě necelých osmdesát tisíc obyvatel [2]. Mezi dominanty Poruby patří i porubský oblouk, který protíná křižovatka Porubská – Nábřeží SPB.



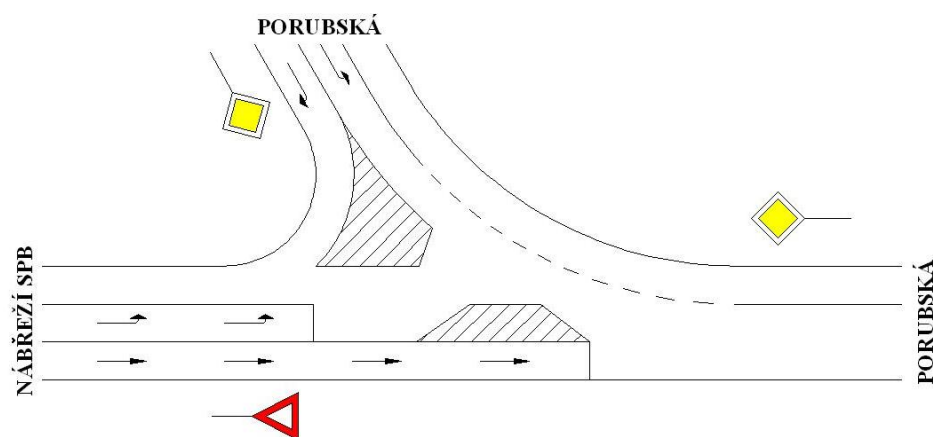
Obrázek č. 1.1 – Porubský oblouk [3]

1.1 Popis křižovatky Porubská – Nábřeží SPB

Tato křižovatka se nachází v jižní části městského obvodu Poruba. Jedná se o úrovnňovou, stykovou křižovatku se třemi rameny. Kříží se zde ulice Porubská a ulice nábřeží SPB, přičemž Porubská je vedena jako hlavní pozemní komunikace. Uspořádání jízdních pruhů je zřetelné z obrázku č. 1.3. Celá křižovatka je řízená svislým dopravním značením.



Obrázek č. 1.2 – Křižovatka Porubská-Nábřeží SPB [4]



Obrázek č. 1.3 – Schéma křižovatky Porubská-nábřeží SPB

Ulice Porubská spojuje velmi frekventovanou ulici Opavskou a ulici Nad Porubkou, ta je pak následně spojena s rychlostní komunikací Rudnou – viz příloha č. 1, takže je zde značný provoz zejména v odpolední špičce. Přestože jsou v suterénu oblouku malé obchody – viz příloha č. 2, chodců se zde moc nevyskytuje. Toto ovlivňují především supermarkety a nákupní centra, která se nachází v blízkém okolí.

Křižovatkou Porubská – Nábřeží SPB projíždějí i autobusy MHD. Jedná se o tyto linky: 37, 40, 43, 45, 65. Nejvytíženější jsou pravděpodobně autobusy č. 37 (ÚAN – Studentské koleje) a č. 45 (Nová huť koksovna - Slavíkova). Naopak méně obsazený je spoj č. 43 (noční spoj). Specifická je linka č. 65 (Slavíkova – Nová huť), kterou využívají zaměstnanci Nové huti. Čtyři autobusy jedou v brzkých ranních hodinách a pak zpět tři v hodinách odpoledních [5].



Obrázek č. 1.4 – Plán sítě MHD Ostrava-Poruba [6]

1.2 Dopravní průzkumy

Průzkumy v dopravě jsou nezbytnou potřebou při dopravním plánování, projektování a modernizování pozemních komunikací, křižovatek apod. Pomocí dopravních průzkumů zjišťujeme obecně počty dopravních prostředků, chodců či cyklistů zatěžující svým provozem konkrétní pozemní komunikace či dopravní plochy, tj. intenzitu provozu [1].

1.2.1 Průzkum dopravních intenzit na dané křižovatce

Při dopravním průzkumu intenzit se zaměřujeme na počet silničních vozidel, která projedou určitým úsekem na dopravní komunikaci za jednotku času. Jsou to tzv. intenzity dopravního nebo přepravního proudu.

Při dopravních průzkumech, kterými zjišťujeme počty vozidel, se obvykle skutečná vozidla přepočítávají na tzv. jednotková vozidla. Jednotkové vozidlo je srovnávací početní jednotka, vyjadřující vliv různých druhů vozidel v dopravním proudu. Je reprezentováno průměrným osobním automobilem, na jehož jízdní vlastnosti a rozměry se ostatní vozidla přepočítávají pomocí přepočtových koeficientů [1].

Přepočtové koeficienty mohou nabývat hodnot od 0,5 do 3,0. Pro osobní automobily je tento koeficient roven jedné. Pro nákladní automobily jej musíme vhodně zvolit. V mém případě budu silniční vozidla dělit na jednostopá vozidla, osobní automobily (dodávky), nákladní vozidla a autobusy a článkové autobusy.

Tabulka č. 1.1 – Přepočtové koeficienty podle Andrese [7]

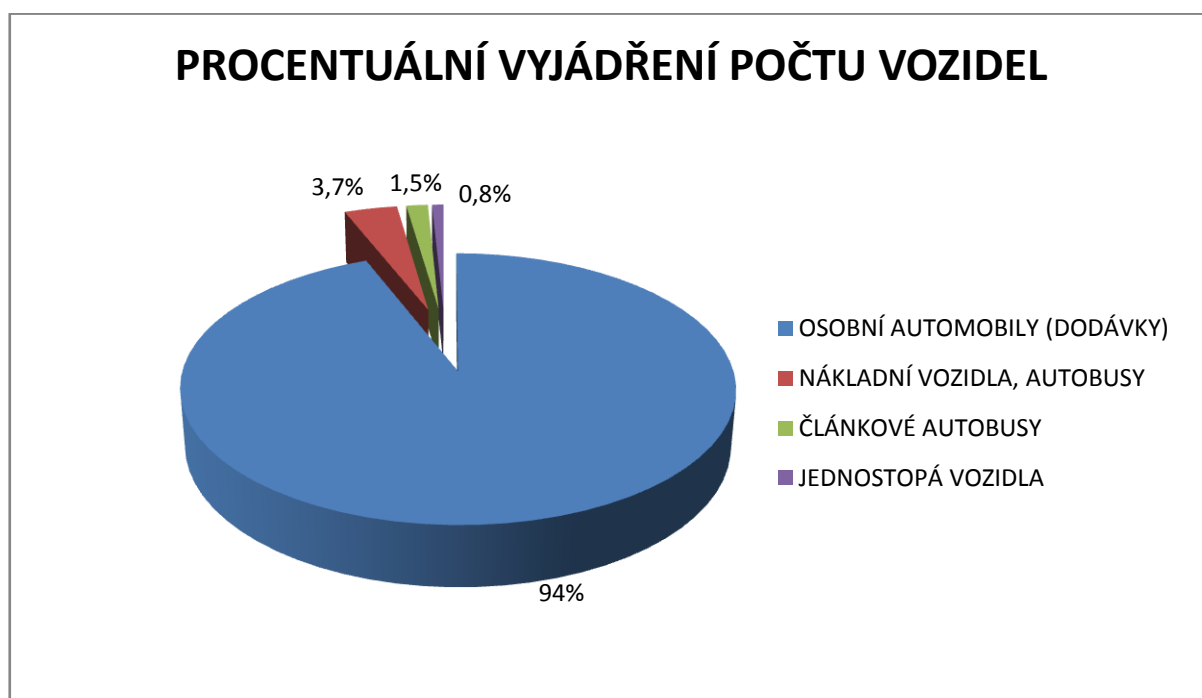
TYP SILNIČNÍHO VOZIDLA	PŘEPOČTOVÝ KOEFICIENT [j.v.]
JEDNOSTOPÁ VOZIDLA	0,8
OSOBNÍ AUTOMOBILY (DODÁVKY)	1
NÁKLADNÍ VOZIDLA, AUTOBUSY	2
ČLÁNKOVÉ AUTOBUSY	3

1.2.2 Vyhodnocení získaných dat

Intenzity dopravních proudů jsem získal pomocí Folprechtovy videoanalýzy, kterou si blíže popíšeme v následující kapitole. Z průzkumu vyplynulo, že křižovatkou Porubská – Nábřeží SPB projede zhruba 1000 silničních vozidel za hodinu – viz příloha č. 3.

Tabulka č. 1.2 – Počet vozidel za hodinu

POŘADÍ	TYP SILNIČNÍHO VOZIDLA	POČET VOZIDEL ZA HODINU
1.	OSOBNÍ AUTOMOBILY (DODÁVKY)	963
2.	NÁKLADNÍ VOZIDLA, AUTOBUSY	37
3.	ČLÁNKOVÉ AUTOBUSY	16
4.	JEDNOSTOPÁ VOZIDLA	8
		Σ 1024

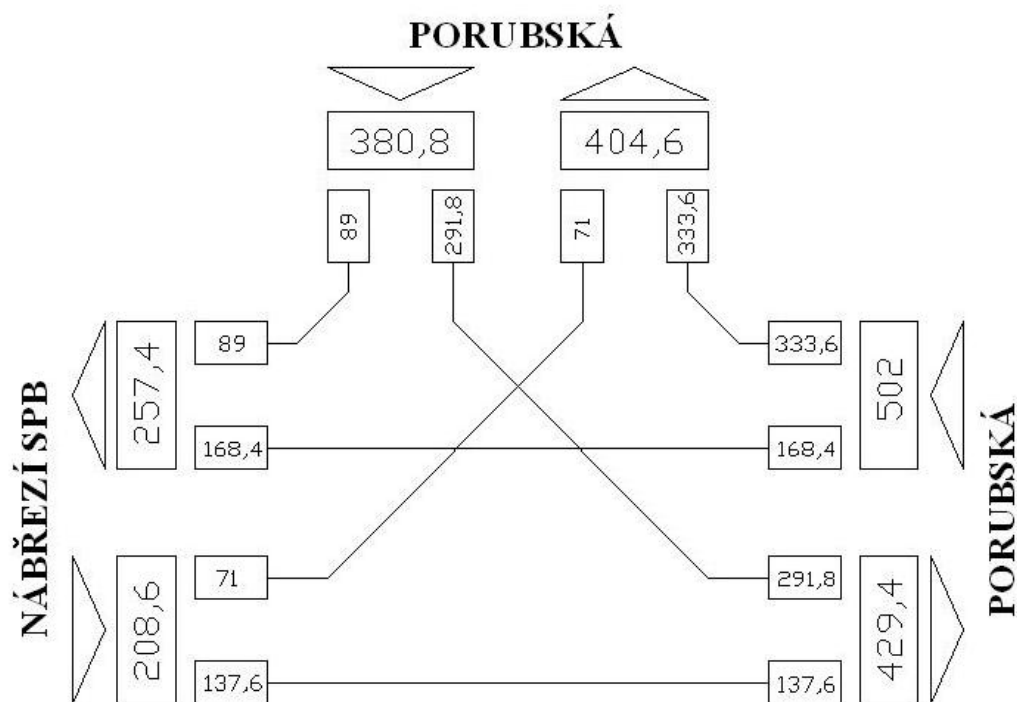


Graf č. 1.1 – Typy vozidel projíždějících přes křižovatku Porubská – Nábřeží SPB

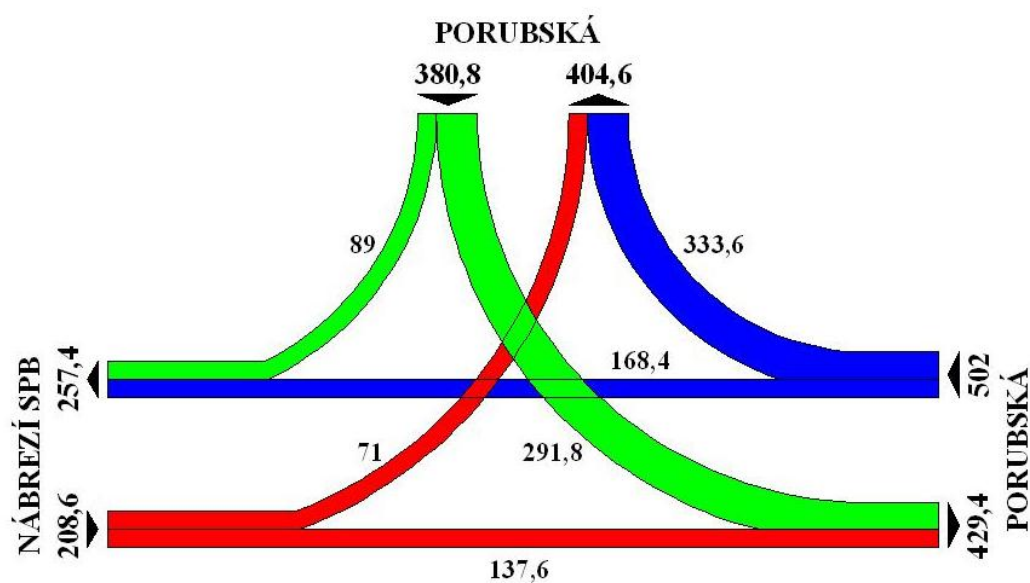
Na základě směrových dopravních průzkumů a průzkumů intenzit dopravních proudů sestavujeme výsledky nejen do tabelární podoby, ale také vhodně do grafické podoby, která je zároveň přehlednější a názornější [1]. Výsledkem pak vznikne tzv. kartogram a pentlogram.

Tabulka č. 1.3 – Přepočet na jednotková vozidla

TYP SILNIČNÍHO VOZIDLA	POČET VOZIDEL	PŘEPOČTOVÝ KOEFICIENT [j.v.]	[j.v.]
JEDNOSTOPÁ VOZIDLA	8	0,8	6,4
OSOBNÍ AUTOMOBILY (DODÁVKY)	963	1	963
NÁKLADNÍ VOZIDLA, AUTOBUSY	37	2	74
ČLÁNKOVÉ AUTOBUSY	16	3	48
			Σ
			1091,4



Obrázek č. 1.5 – Kartogram křižovatky Porubská – Nábřeží SPB



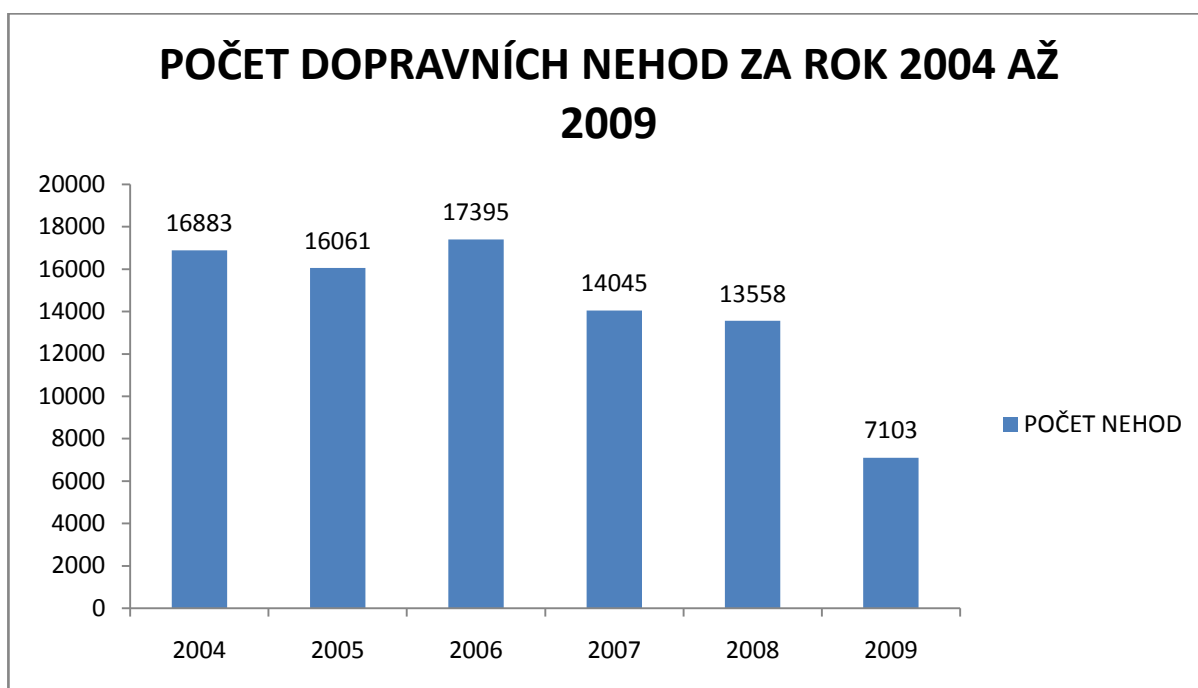
Obrázek č. 1.6 – Pentlogram křižovatky Porubská – Nábřeží SPB

Z uvedeného kartogramu či pentlogramu vyplývá, že více frekventovaná je silnice Porubská (hlavní pozemní komunikace), méně však silnice Nábřeží SPB (vedlejší pozemní komunikace). V případě pentlogramu (jinak také stužkogramu) odpovídá šířka pentlí (stužek) v měřítku naměřené intenzitě.

2 Analýza dopravní nehodovosti a konfliktních situací

2.1 Nehodovost v České republice

Za posledních šest let se na území České republiky stalo 85 945 dopravních nehod. Ve srovnání s kritickou situací na Slovensku, kde policisté evidovali jen za rok 2008 59 008 [8] dopravních nehod, je toto číslo relativně uspokojivé.



Graf č. 2.1 – Nehodovost v letech 2004 až 2009 [9] – upraveno

Počet nehod za rok 2009 je poněkud zavádějící, protože k datu 1. ledna 2009 vstoupila v platnost legislativní změna, která zvýšila povinnou hranici pro hlášení dopravní nehody policii z 50 000 Kč na částku 100 000 Kč. Také celkové hmotné škody, které činí 4981,09 mil. Kč (o 20% méně než 2008) [10], musíme brát s menším nadhledem.

2.1.1 Nehodovost města Ostravy

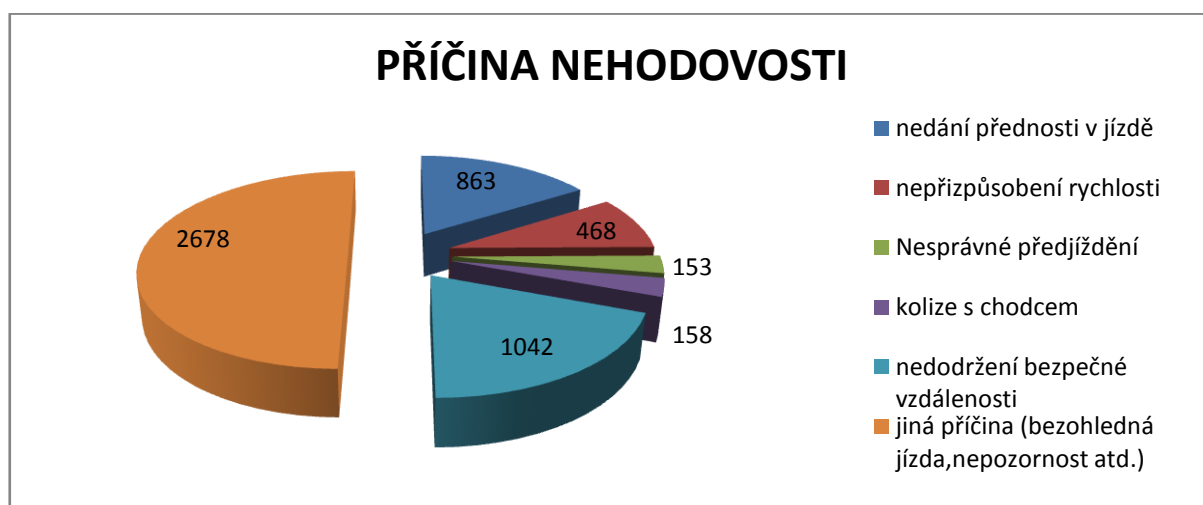
V roce 2008 došlo na ostravských komunikacích k 5362 nehodám. Je to téměř o 12,5% méně než za rok 2007.

Tabulka č. 2.1 – Tabelární podoba nehodovosti města Ostravy [11] – upraveno

	rok 2007	rok 2008	index 08/07
Celkový počet dopravních nehod	6126	5362	0,88
Při nehodách došlo k těmto následkům:			
usmrceno osob	17	8	0,47
těžce zraněno osob	51	29	0,57
lehce zraněno osob	549	525	0,96
hmotné škody v mil. Kč	246,83	210,10	0,85
Nehody pod vlivem alkoholu:	165	176	1,07

Tabulka č. 2.2 – Srovnání počtu nehod podle viníků [11] – upraveno

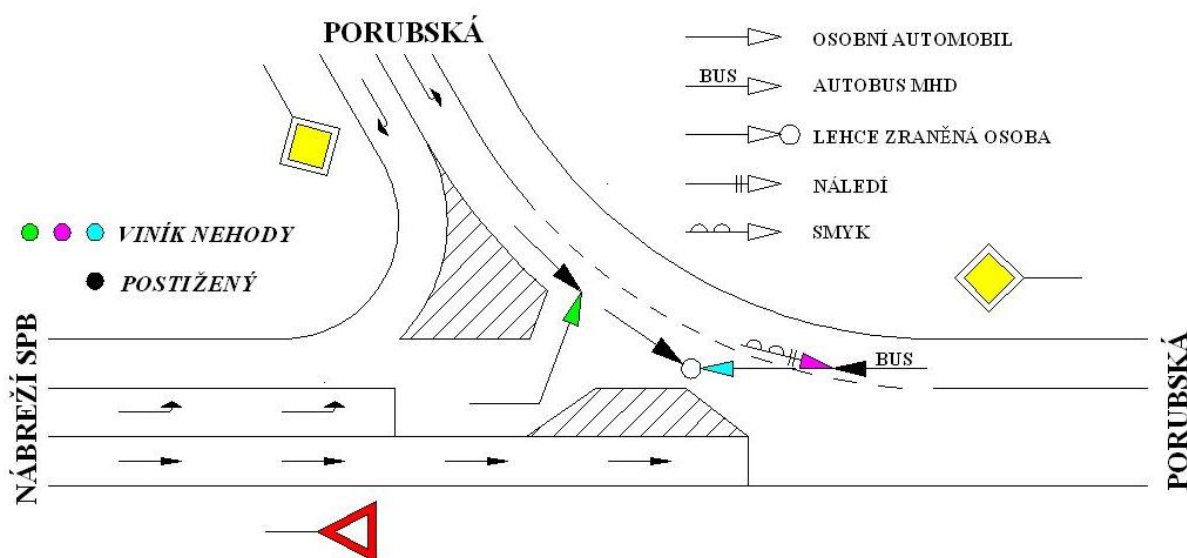
Viník dopravní nehody	rok 2007		rok 2008		index 08 / 07	pokles/nárůst v %
	počet nehod	podíl v %	počet nehod	podíl v %		
Řidiči motorových vozidel (zjištění)	5339	87,15	4601	85,81	0,86	-13,76
Chodci (včetně dětí)	65	1,06	66	1,23	1,02	0,02
Cyklisté (včetně dětí)	41	0,67	35	0,65	0,85	-0,11
Ostatní a nezjištění účastníci	681	11,12	660	12,31	0,97	-0,39
Celkem dopravních nehod	6126	100	5362	100	0,88	-14,25



Graf č. 2.2 – Příčiny nehod za rok 2008 města Ostravy [11] – upraveno

2.1.2 Nehodovost na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB

V roce 2008 došlo na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB ke třem dopravním nehodám. Tyto kolize se obešly bez zranění. Příčinou nehod bylo nepřizpůsobení rychlosti jízdy povětrnostním podmínkám a ve dvou zcela totožných případech pak nedání přednosti v jízdě – viz příloha č. 4.



Obrázek č. 2.1 – Kolizní diagram křižovatky Porubská-Nábřeží SPB za rok 2008

V těchto případech nelze jednoznačně říci, zda za nehody, které byly způsobeny nedáním přednosti v jízdě, může nedostatečný výhled do křižovatky nebo nepozornost řidičů jedoucích rovněž z ulice Porubská směrem na ulici Nábřeží SPB.

Tabulka č. 2.3 – Nehodovost na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB za rok 2008 [12]

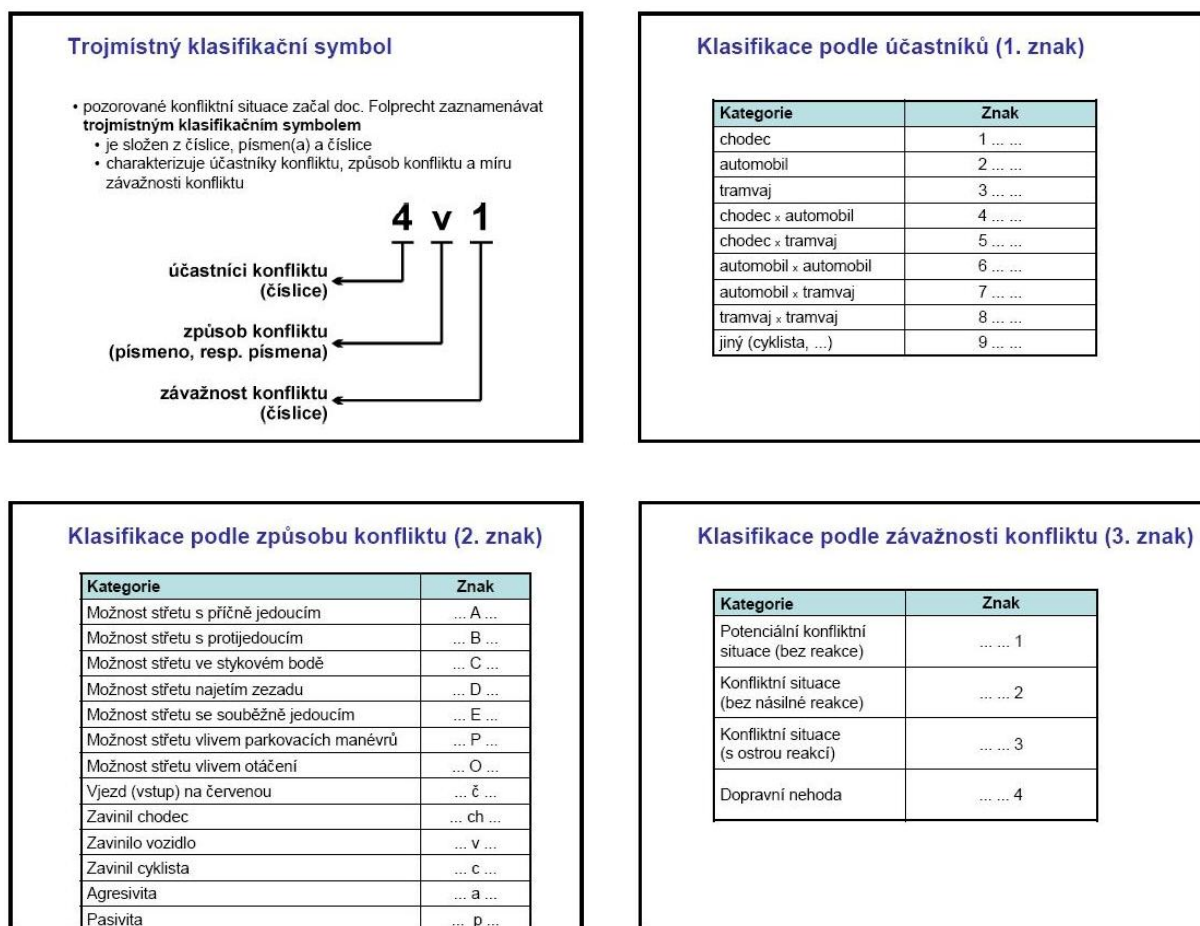
VINÍK	DATUM	HODINA	HMOTNÁ ŠKODA
1.	26. května	14:40	25 000 Kč
2.	22. listopadu	15:35	5 000 Kč
3.	12. prosince	16:00	100 000 Kč

Celková hodnota vyčíslených hmotných škod, která činí 130 000 Kč, je relativní, protože se jedná pouze o odhad dopravní Policie České republiky.

2.2 Konfliktní situace – Folprechtova videoanalýza

Konfliktními situacemi se rozumí takové okamžiky a situace v silničním provozu, kdy vzniká (nebo také může vzniknout) pro některé jeho účastníky větší než obvyklá míra nebezpečí [13].

Pro sledování konfliktních situací na dané křižovatce jsem využil tzv. Folprechtovu videoanalýzu. Spočívá v tom, že se problematický úsek natáčí na kameru z vhodně zvoleného místa. Nejlépe z větší výšky tak, aby byl náhled na sledovaný úsek úplný. Výhoda této metody je v tom, že záznam můžeme vyhodnotit v teple domova či v kanceláři. Každá konfliktní situace se pak zakreslí do nárysu sledovaného úseku a označí se podle daného symbolu.



Obrázek č. 2.2 – Složení symbolu Folprechtovy metody [14]

2.2.1 Konfliktní situace na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB

Tato křižovatka byla natáčena z venkovní terasy pod věží, která je součástí oblouku. Přestože byla kamera umístěna zhruba ve výšce třiceti metrů nad zemí, výhled znesnadňovaly vzrostlé stromy, takže nebyl úplně optimální. Vhodnější místo však nebylo nalezeno. Záznam byl pořízen v pátek 20. listopadu 2009 od 14:00 do 15:00.



Obrázek č. 2.3 – Náhled kamery na křižovatku Porubská – Nábřeží SPB

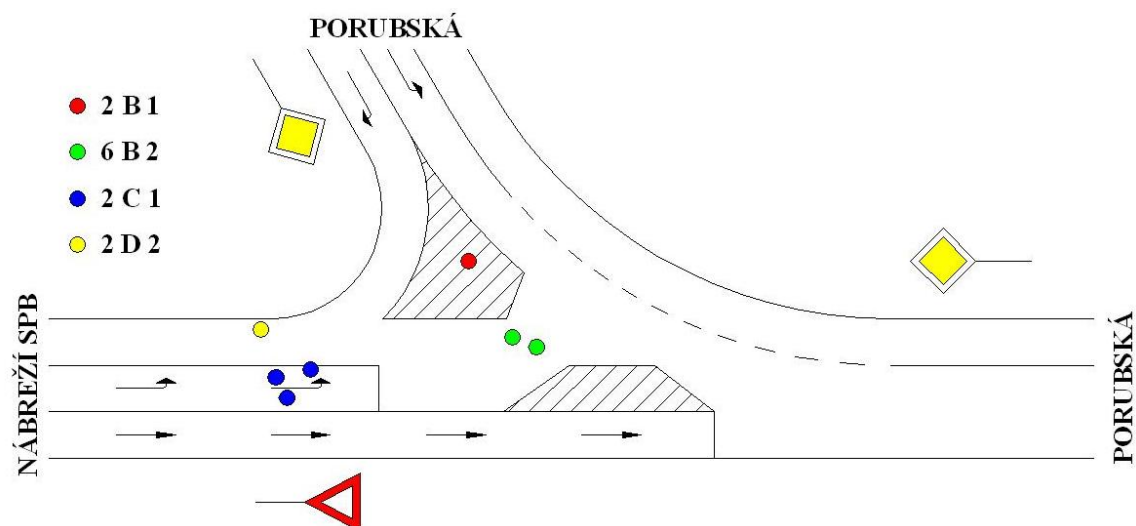
Po vyhodnocení záznamu bylo zjištěno, že konfliktní situace vyvolávají především článkové autobusy MHD, které nejsou schopny držet stopu ve svém jízdním pruhu a musí tak omezit řidiče, kteří vjíždějí do křižovatky z vedlejší pozemní komunikace Nábřeží SPB – viz obr. č. 2.4. Další konfliktní situace vyvolávají řidiči, kteří odbočují z ulice Nábřeží SPB směrem na Hlavní třídu. Musí dávat přednost protijedoucím vozidlům a vozidlům jedoucím po hlavní pozemní komunikaci. Z důvodů špatného výhledu jsou nuceni vjet dál do křižovatky, čímž omezí protijedoucí vozidla – viz obr. č. 2.5.



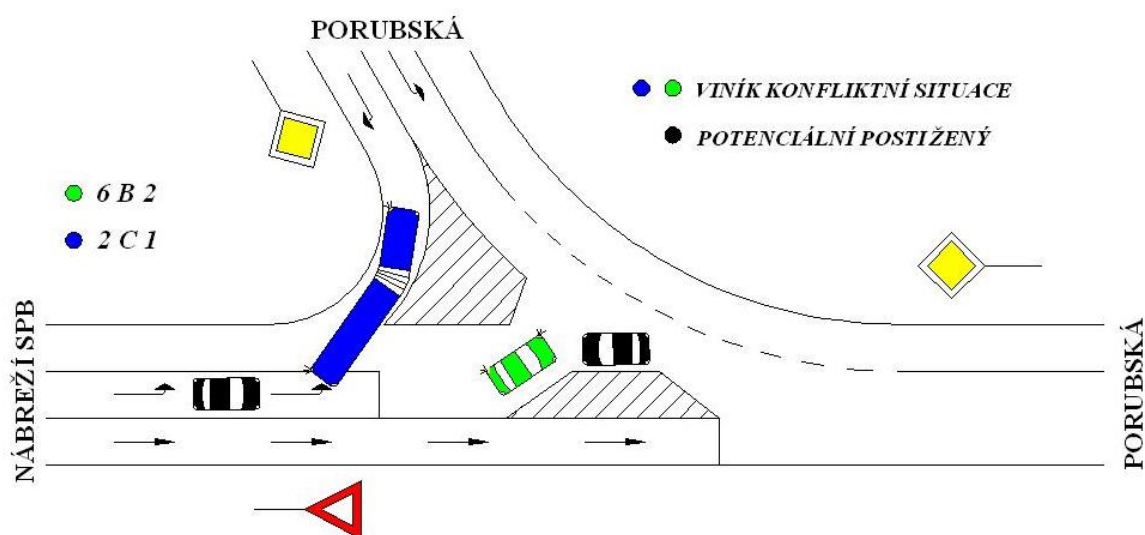
Obrázek č. 2.4 – dle symbolu 2C1



Obrázek č. 2.5 – dle symbolu 6B2



Obrázek č. 2.6 – Schéma konfliktních situací na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB – viz příloha č. 5



Obrázek č. 2.7 – Názorné schéma konfliktních situací na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB

Za konfliktní situace lze také považovat dobu čekání a následné tvoření dopravních front, které způsobují řidiči jedoucí z ulice Nábřeží SPB a odbočují vlevo na ulici Porubskou. V tomto případě je střední doba zdržení 25 sekund – viz příloha č. 6.

Z obrázku č. 2.7 je patrné, že eliminovat konfliktní situace lze jen v případě, že se na křižovatce provedou stavebně-technické úpravy.

3 Návrh úprav pro zvýšení bezpečnosti v provozu

Ke zvýšení plynulosti a bezpečnosti provozu na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB, jsou zapotřebí provést stavebně-technická opatření. K dispozici jsou jen dvě varianty řešení. Navrhnout okružní křižovatku a navrhnout světelné signalizační zařízení. Vybudování mimoúrovňové křižovatky je v tomto případě zcela nereálné.

3.1 Návrh okružní křižovatky

Okružní křižovatka je v podstatě zvláštní typ usměrněné křižovatky. Zvyšuje bezpečnost i plynulost v provozu. Křižovatka Porubská – Nábřeží SPB je tříramenná, takže i navržená okružní křižovatka je pouze se třemi rameny a s jedním jízdním pruhem.

3.1.1 Definice a terminologie

Okružní křižovatka

Okružní křižovatka je druh úrovňové křižovatky, která má okružní jízdní pás ve tvaru mezikruží, nebo ve tvaru jemu blízkém, na níž je silniční provoz veden jednosměrným objezdem kolem středového ostrova proti směru hodinových ručiček od vjezdu ke zvolenému výjezdu [15].

Okružní křižovatka je ta, jejíž vnější průměr $D > 23$ m a jeho rozměr je závislý na počtu připojených větví křižujících komunikací, které jsou napojeny na okružní jízdní pás a na způsobu připojení vjezdů (stykové připojení, připojovací pruh) i na místních možnostech připojení komunikací na okružní jízdní pás [15].

Miniokružní křižovatka je ta, jejíž vnější průměr $D \leq 23$ m, vždy se zpevněným středovým ostrovem. Má podobnou charakteristiku jako okružní křižovatka, kde větší vozidla nemohou projet po okružním jízdním pásu. Průjezd větších vozidel je ojediněle možný, ale tak, že miniokružní křižovatkou projedou jako průsečnou křižovatkou, tj. přes zpevněný středový ostrov. Takto projíždějící vozidlo musí dát přednost v jízdě všem vozidlům, které miniokružní křižovatkou projíždějí, nebo do ni vjíždějí [15].

Středový ostrov

Středový ostrov je kruhová nebo kruhu blízká fyzická nebo optická překážka sloužící k usměrnění pohybu vozidel po okružním jízdním pásu křižovatky proti směru hodinových ručiček. Součástí středového ostrova je i prstenec, jímž se v některých případech lemuje okraj středového ostrova [15].

Prstenec

Prstenec je zpevněná část vnějšího okraje středového ostrova u okružní křižovatky o vnějším průměru $D < 50$ m. Prstenec se navrhuje tak, aby mohl být ojediněle pojížděn zejména rozměrnými vozidly [15].

Okružní jízdní pás křižovatky

Okružní jízdní pás křižovatky je jízdní pás v šířce zpevnění vozovky okolo středového ostrova [15].

Vjezd

Vjezd je jízdní pruh nebo pás křižující komunikace, ze kterého se vjíždí na okružní jízdní pás křižovatky [15].

Výjezd

Výjezd je jízdní pruh nebo pás křižující komunikace, kterým vozidla vyjíždějí z okružního jízdního pásu křižovatky [15].

Dělicí pás

Dělicí pás je plocha ohraničená fyzicky nebo opticky vůči přilehlým dopravním pruhům, která na křižující komunikaci křižovatky odděluje jízdní pásy v délce nad 25 m od okružního jízdního pásu křižovatky [15].

Směrovací ostrůvek

Směrovací ostrůvek je plocha ohraničená na všech stranách fyzicky nebo opticky vůči přilehlým jízdním pruhům, která odděluje a usměrňuje dopravní proud vozidel vjíždějících na okružní jízdní pás od dopravního proudu vozidel z něj vyjíždějících [15].

Dělicí ostrůvek

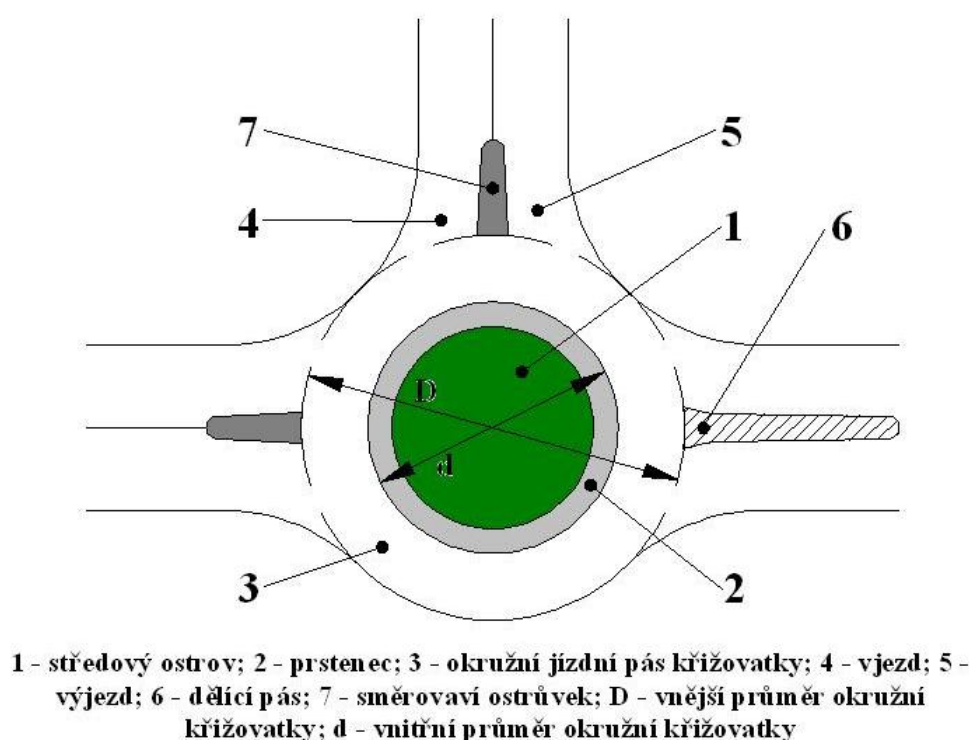
Dělicí ostrůvek je plocha ohraničená na všech stranách fyzicky nebo opticky vůči přilehlým jízdním pruhům. Dělicí ostrůvek se umísťuje mezi protisměrnými jízdními pruhy/pásy v délce 5 – 25 m a tvoří zpomalovací (retardační) prvek před vjezdem do křižovatky. Slouží také ke zdvojenému osazení svislých dopravních značek, popřípadě i jako ochranný ostrůvek pokud je využíván pro přechod pěších [15].

Vnější průměr okružní křižovatky

Vnější průměr okružní křižovatky je průměr kružnice, kterou lze vepsat mezi vnější stavební ohraničení okružního jízdního pásu křižovatky [15].

Vnitřní průměr okružní křižovatky

Vnitřní průměr okružní křižovatky je průměr středového ostrova (včetně případného prstence) okružní křižovatky [15].



Obrázek č. 3.1 – Popis prvků okružní křižovatky s jedním jízdním pruhem a se třemi rameny [1] – upraveno

3.1.2 Kolizní body tříramenné okružní křižovatky

Kolizní body

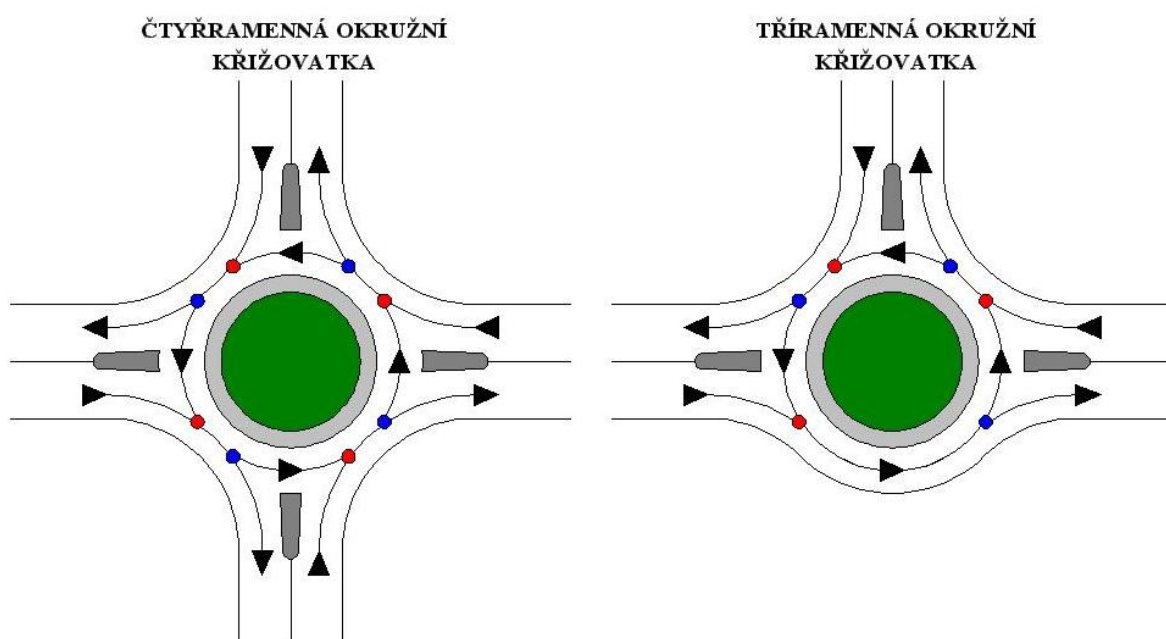
Kolizní body jsou průsečíky trajektorií možných vozidlových proudů [16].

U okružní křižovatky s jednopruhovým okružním pásem, jednopruhovým vjezdem a výjezdem, která má čtyři ramena, je počet kolizních bodů roven osmi. Totožná okružní křižovatka, ale tříramenná, má těchto bodů pouze šest – viz obr. č. 3.2.

Počet kolizních bodů se může měnit v závislosti na počtu jízdních pruhů, které do křižovatky vstupují a počtu jízdních pruhů na okružním páse.

Kolizní body lze rozdělovat na:

- odbočovací (v obr. č. 3.2 vyznačeny modrou barvou),
- přípojně (v obr. č. 3.2 vyznačeny červenou barvou).



Obrázek č. 3.2 – Srovnání kolizních bodů tříramenné a čtyřramenné okružní křižovatky [1] – upraveno

Tříramenná okružní křižovatka:

Obsahuje 6 kolizních bodů, z toho 3 odbočovací a 3 přípojně.

3.1.3 Zásady při navrhování okružní křižovatky

Návrh okružní křižovatky musí zajistit:

- bezpečný vjezd na okružní jízdní pás,
- jednosměrný pohyb vozidel na okružním jízdním pásu křižovatky kolem středového ostrova proti směru hodinových ručiček,
- přednost vozidel na okružním jízdním pásu před vozidly na vjezdech do křižovatky dopravním značením,
- bezpečný výjezd z okružního jízdního pásu,
- dostatečný rozhled na všech vjezdech i na okružním jízdním pásu křižovatky pro zastavení, i pro uskutečnění přejezdu vozidla do souběžného jízdního pruhu,
- průjezd minimálně směrodatných vozidel křižovatkou,
- zamezení přímého průjezdu křižovatkou v místech, kde nelze fyzicky zajistit snížení rychlosti vozidel při vjezdu na okružní pás jiným způsobem,
- potřebné snížení rychlosti před vjezdem na křižovátku s možností zastavit před okružním jízdním pásem, případně před vozidly, která čekají před vjezdem na okružní jízdní pás,
- včasné a viditelné avizování okružní křižovatky svislými dopravními značkami [15].

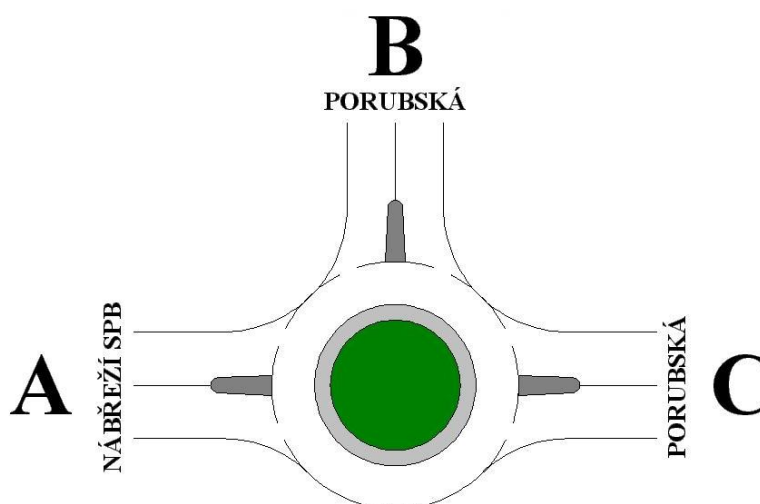
Okružní křižovatka se vyznačuje tím, že:

- vnější průměr okružního jízdního pásu křižovatky je $D > 23,00$ m. Vnější průměr okružního jízdního pásu má rozměr, který odpovídá počtu připojovaných větví pozemních komunikací na okružní jízdní pás, způsobu jejich připojení na okružní jízdní pás a organizaci dopravy na okružní křižovatce. Jednotlivé vjezdy i výjezdy mají na sebe pokud možno bezprostředně navazovat, aby vnější průměr okružního jízdního pásu byl co nejmenší,
- umožňuje plynulý průjezd směrodatnému vozidlu celou křižovatkou po zpevněné vozovce s možností ojedinělého pojezdu prstence nebo zpevněné srpovité krajnice, pokud jsou na okružní křižovatce umístěny, a to zejména větším vozidlům,
- vjezdy a výjezdy na stejném paprsku křižovatky mají být odděleny směrovacím ostrůvkem,
- průjezd vozidel okružní křižovatkou z vjezdu do nejbližšího výjezdu má být uskutečněn pokud možno spojovací větví [15].

Navržená okružní křižovatka Porubská – Nábřeží SPB má průměr středového ostrůvku dvacet metrů, šířka prstence je jeden a půl metru a šířka okružního jízdního pásu je pět metrů. Vjezd, výjezd i okružní jízdní pás je jednopruhový.

3.2 Výpočty pro okružní křižovatku

Kapacitu okružní křižovatky lze stanovit podle řady doposud používaných metod. V tomto případě byly použity tři metody kapacitních výpočtů, aby v závěru bylo možné jejich srovnání. Výsledkem těchto výpočtů je rezerva udávaná v procentech. Rezerva určuje, jaké je možné zvýšení dopravního proudu, aniž by došlo ke kongesci okružní křižovatky.



Obrázek č. 3.3 – Schéma okružní křižovatky Porubská – Nábřeží SPB

Tabulka č. 3.1 – Dopravní intenzita křižovatky Porubská – Nábřeží SPB – viz příloha č. 3

j.v./h	do A	do B	do C	Σ
z A	-	71	137,6	208,6
z B	89	-	291,8	380,8
z C	168,4	333,6	-	502
Σ	257,4	404,6	429,4	1091,4

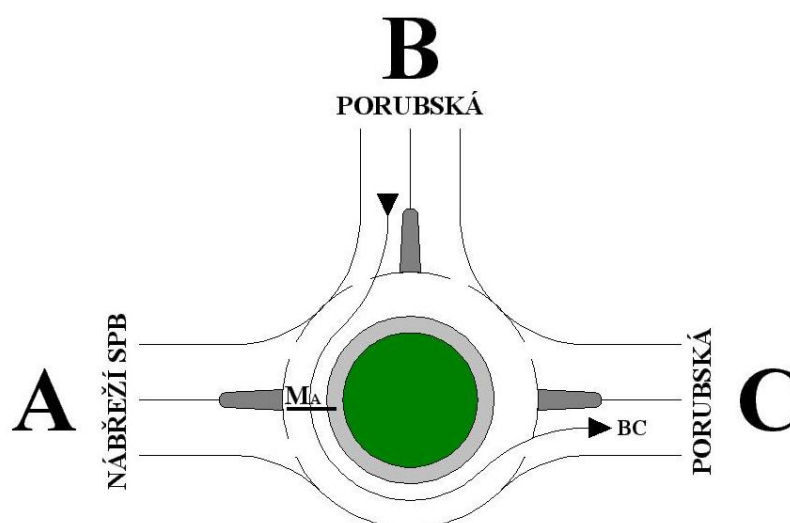
3.2.1 Kapacita vjezdu podle Brilona a Stuweho

Jak již bylo výše zmíněno, navržená okružní křižovatka je tříramenná s jedním jízdním pruhem a s jednopruhovým vjezdem i výjezdem. Z tabulky 3.2 byly pro výpočet podle Brilona a Stuweho zvoleny koeficienty $A=1089$ a $B=7,42$.

Tabulka č. 3.2 – Koeficienty A , B pro výpočet kapacity vjezdu na okružní křižovatce [13]

POČET PRUHŮ:		A [-]	B [-]
vjezd	okružní pás		
1	1	1089	7,42
1	2 až 3	1200	7,38
2	2	1553	6,69
2	3	2018	6,68

Směr A (Nábřeží SPB)



Obrázek č. 3.4 – Určení intenzit dopravního proudu pro rameno A [13] – upraveno

Intenzita dopravního proudu těsně před vjezdem ramene A

Podle [13] $M_A = BC$ [j.v./h], kde: (3.1)

M_A [j.v./h].....intenzita dopravního proudu těsně před vjezdem ramene A,

BC [j.v./h].....intenzita vozidel jedoucích z ramene B do ramene C.

$$M_A = BC = 291,8 \text{ j.v./h}$$

Kapacita vjezdu ramene A

Podle [13] $C_A = A \cdot e^{\left(\frac{-B \cdot M_A}{10000}\right)}$ [j.v./h], kde: (3.2)

C_A [j.v./h].....kapacita vjezdu A,

e [-].....Eulerovo číslo,

A, Bkoeficienty okružní křižovatky z tabulky 3.2.

$$C_A = A \cdot e^{\left(\frac{-B \cdot M_A}{10000}\right)} = 1089 \cdot e^{\left(\frac{-7,42 \cdot 291,8}{10000}\right)} = 877 \text{ j.v./h}$$

Rezerva pro rameno A

Podle [13] $R_A = C_A - I_A$ [j.v./h], kde: (3.3)

R_A [j.v./h].....rezerva pro rameno A,

I_A [j.v./h].....intenzita vozidel jedoucích z ramene A.

$$R_A = C_A - I_A = 877 - 208,6 = 668,4 \text{ j.v./h}$$

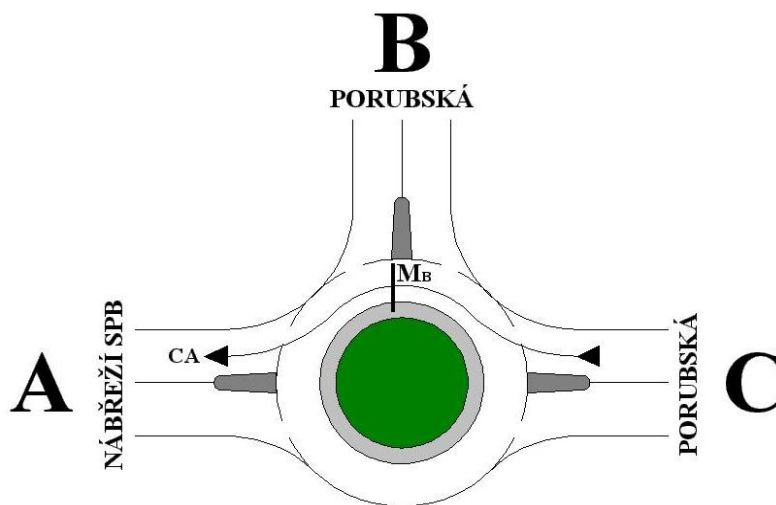
Rezerva pro rameno A v procentech

Podle [13] $R_{AP} = \frac{R_A}{C_A} \cdot 100$ [%], kde: (3.4)

R_{AP} [%].....rezerva pro rameno A vyjádřena v procentech.

$$R_{AP} = \frac{R_A}{C_A} \cdot 100 = \frac{668,4}{877} \cdot 100 = 76,21 \%$$

Směr B (Porubská)



Obrázek č. 3.5 – Určení intenzit dopravního proudu pro rameno B [13] – upraveno

Intenzita dopravního proudu těsně před vjezdem ramene B (viz 3.1)

$$M_B = CA = 168,4 \text{ j.v./h}$$

Kapacita vjezdu ramene B (viz 3.2)

$$C_B = A \cdot e^{\left(\frac{-B \cdot M_B}{10000}\right)} = 1089 \cdot e^{\left(\frac{-7,42 \cdot 168,4}{10000}\right)} = 961 \text{ j.v./h}$$

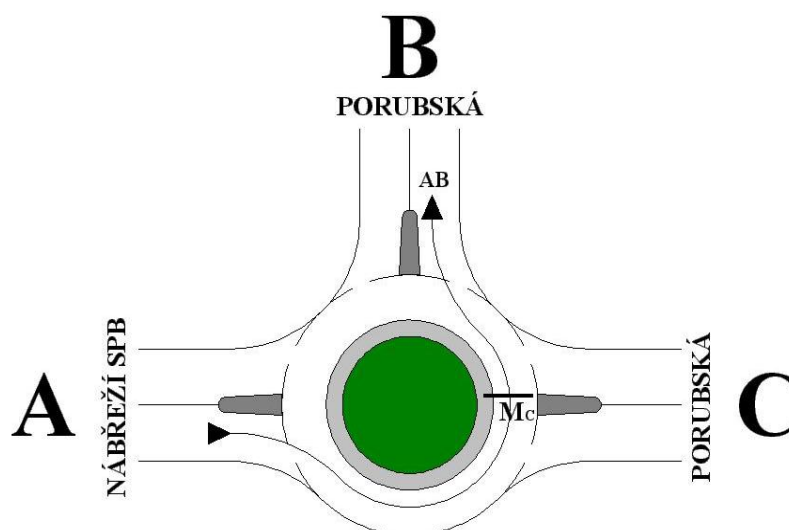
Rezerva pro rameno B (viz 3.3)

$$R_B = C_B - I_B = 961 - 380,8 = 580,2 \text{ j.v./h}$$

Rezerva pro rameno B v procentech (viz 3.4)

$$R_{BP} = \frac{R_B}{C_B} \cdot 100 = \frac{580,2}{961} \cdot 100 = 60,37 \%$$

Směr C (Porubská)



Obrázek č. 3.5 – Určení intenzit dopravního proudu pro rameno C [13] – upraveno

Intenzita dopravního proudu těsně před vjezdem ramene C (viz 3.1)

$$M_C = AB = 71 \text{ j.v./h}$$

Kapacita vjezdu ramene C (viz 3.2)

$$C_C = A \cdot e^{\left(\frac{-B \cdot M_C}{10000}\right)} = 1089 \cdot e^{\left(\frac{-7,42 \cdot 71}{10000}\right)} = 1033 \text{ j.v./h}$$

Rezerva pro rameno C (viz 3.3)

$$R_C = C_C - I_C = 1033 - 502 = 531 \text{ j.v./h}$$

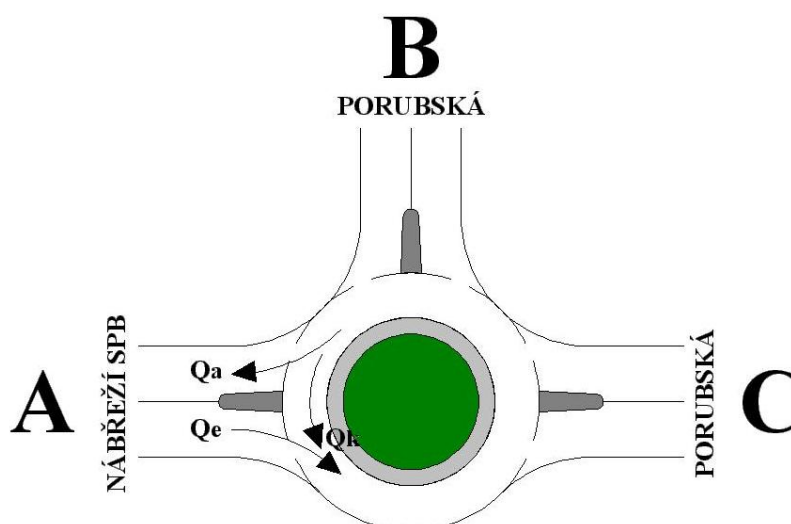
Rezerva pro rameno C v procentech (viz 3.4)

$$R_{CP} = \frac{R_C}{C_C} \cdot 100 = \frac{531}{1033} \cdot 100 = 51,4 \%$$

3.2.2 Kapacita vjezdu podle metody EPFL

Podle metody EPFL (Ecole Polytechniques Fédérale de Lausanne) je maximální hodnota kapacity jednoho vjezdu určena za předpokladu známých hodnot zatížení vjezdu a výjezdu [13].

Směr A (Nábřeží SPB)



Obrázek č. 3.6 – Intenzity dopravních proudů na rameni A dle metody EPFL [13] – upraveno

Intenzity dopravních proudů ramene A

Podle [15] $Q_k = M_A = BC$ [j.v./h], kde: (3.5)

Q_k [j.v./h].....intenzita vozidel na vozovce okružního pásu křižovatky mezi výjezdem a následujícím vjezdem – viz obrázek č. 3.6.

$$Q_k = M_A = BC = 291,8 \text{ j.v./h}$$

Podle [15] $Q_a = BA + CA$ [j.v./h], kde: (3.6)

Q_a [j.v./h].....intenzita vozidel na výjezdu.

$$Q_a = BA + CA = 89 + 168,4 = 257,4 \text{ j.v./h}$$

Podle [15] $Q_e = I_A$ [j.v./h], kde: (3.7)

Q_e [j.v./h].....intenzita vozidel na vjezdu.

$$Q_e = I_A = 208,6 \text{ j.v./h}$$

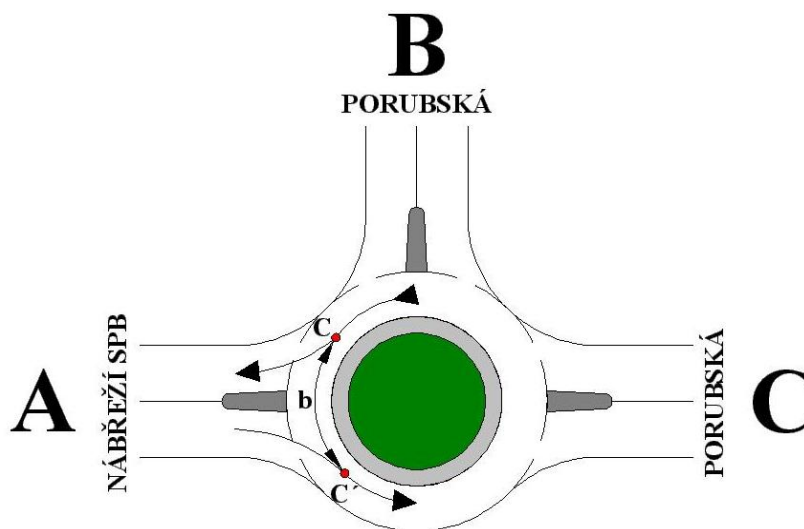
Maximální kapacita vjezdu ramene A

Podle [15] $L_e = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (Q_k + \alpha \cdot Q_a)$ [j.v./h], kde: (3.8)

L_e [j.v./h].....maximální kapacita vjezdu,

α [-].....faktor zohledňující geometrické poměry vjezdu okružní křižovatky v závislosti na vzdálenosti b mezi dvěma kolizními body C a C' - viz obrázek č. 3.7 a příloha č. 7.

$$L_e = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (Q_k + \alpha \cdot Q_a) = L_e = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (291,8 + 0,4 \cdot 257,4) = 1148,1 \text{ j.v./h}$$



Obrázek č. 3.7 – Vzdálenost b mezi kolizními body C a C' [13] – upraveno

kde:

$C [m]$kolizní bod při výjezdu z okružní křižovatky,

$C' [m]$kolizní bod přípojný na vjezdu do okružní křižovatky,

$b [m]$vzdálenost mezi kolizními body C a C' .

Rezerva pro rameno A

Podle [15] $R_A = L_e - Q_e [j.v./h]$, kde: (3.9)

$R_A [j.v./h]$kapacitní rezerva pro rameno A.

$$R_A = L_e - Q_e = 1148,1 - 208,6 = 939,5 j.v./h$$

Rezerva pro rameno A v procentech

Podle [15] $R_{AP} = \frac{R_A}{L_e} \cdot 100 [\%]$, kde: (3.10)

$R_{AP} [\%]$kapacitní rezerva pro rameno A vyjádřena v procentech.

$$R_{AP} = \frac{R_A}{L_e} \cdot 100 = \frac{939,5}{1148,1} \cdot 100 = 81,83 \%$$

Délka čekací fronty na vjezdu u ramene A

Podle [15] $L_A = \frac{Q_e \cdot t_{wa}}{3600} \cdot L_{voz} [m]$, kde: (3.11)

$L_A [m]$délka čekací fronty na vjezdu u ramene A,

$t_{wa} [s]$střední čekací doba – viz příloha č. 8, pro $R_A = 939,5 j.v./h \rightarrow t_{wa} = 4s$,

$L_{voz} [m]$délka osobního automobilu, $L_{voz} = 6m$.

$$L_A = \frac{Q_e \cdot t_{wa}}{3600} \cdot L_{voz} = \frac{208,6 \cdot 4}{3600} \cdot 6 = 1,4 m$$

Stupeň vytížení vjezdu ramene A

Podle [15] $ALG_e = \frac{Q_e}{L_e} \cdot 100 [\%]$, kde: (3.12)

$ALG_e [\%]$stupeň vytížení.

$$ALG_e = \frac{Q_e}{L_e} \cdot 100 = \frac{208,6}{1148,1} \cdot 100 = 18,17 \%$$

Směr B (Porubská)

Intenzity dopravních proudů ramene B (viz 3.5, 3.6, 3.7)

$$Q_k = M_B = CA = 168,4 \text{ j.v./h}$$

$$Q_a = AB + CB = 71 + 333,6 = 404,6 \text{ j.v./h}$$

$$Q_e = I_B = 380,6 \text{ j.v./h}$$

Maximální kapacita vjezdu ramene B (viz 3.8)

$$\alpha = 0,4 \text{ [-]}$$

$$L_e = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (Q_k + \alpha \cdot Q_a)$$

$$L_e = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (168,4 + 0,4 \cdot 404,6) = 1206,5 \text{ j.v./h}$$

Rezerva pro rameno B (viz 3.9)

$$R_B = L_e - Q_e = 1206,5 - 380,6 = 825,9 \text{ j.v./h}$$

Rezerva pro rameno B v procentech (viz 3.10)

$$R_{BP} = \frac{R_B}{L_e} \cdot 100 = \frac{825,9}{1206,5} \cdot 100 = 68,45 \%$$

Délka čekací fronty na vjezdu u ramene B (viz 3.11)

$$R_B = 825,9 \text{ j.v./h} \rightarrow t_{wa} = 5 \text{ s}$$

$$L_B = \frac{Q_e \cdot t_{wa}}{3600} \cdot L_{voz} = \frac{380,6 \cdot 5}{3600} \cdot 6 = 3,2 \text{ m}$$

Stupeň vytížení vjezdu ramene B (viz 3.12)

$$ALG_e = \frac{Q_e}{L_e} \cdot 100 = \frac{380,6}{1206,5} \cdot 100 = 31,55 \%$$

Směr C (Porubská)

Intenzity dopravních proudů ramene C (viz 3.5, 3.6, 3.7)

$$Q_k = M_C = AB = 71 \text{ j.v./h}$$

$$Q_a = AC + BC = 137,6 + 291,8 = 429,4 \text{ j.v./h}$$

$$Q_e = I_C = 502 \text{ j.v./h}$$

Maximální kapacita vjezdu ramene C (viz 3.8)

$$\alpha = 0,3 [-]$$

$$L_e = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (Q_k + \alpha \cdot Q_a)$$

$$L_e = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (71 + 0,3 \cdot 429,4) = 1322,4 \text{ j.v./h}$$

Rezerva pro rameno C (viz 3.9)

$$R_C = L_e - Q_e = 1322,4 - 502 = 820,4 \text{ j.v./h}$$

Rezerva pro rameno C v procentech (viz 3.10)

$$R_{CP} = \frac{R_C}{L_e} \cdot 100 = \frac{820,4}{1322,4} \cdot 100 = 62,04 \%$$

Délka čekací fronty na vjezdu u ramene C (viz 3.11)

$$R_C = 820,4 \text{ j.v./h} \rightarrow t_{wa} = 5 \text{ s}$$

$$L_C = \frac{Q_e \cdot t_{wa}}{3600} \cdot L_{voz} = \frac{502 \cdot 5}{3600} \cdot 6 = 4,2 \text{ m}$$

Stupeň vytížení vjezdu ramene C (viz 3.12)

$$ALG_e = \frac{Q_e}{L_e} \cdot 100 = \frac{502}{1322,4} \cdot 100 = 37,96 \%$$

3.2.3 Kapacita vjezdu podle metody VSS

Metoda VSS (Vereinigung Schweizerische Strassenfachleute) se omezuje pouze na okružní křižovatky malých rozměrů, navíc pouze s jednopruhovými vjezdy i výjezdy a okružním pásem [13].

Směr A (Nábřeží SPB)

Intenzity dopravních proudů ramene A

Podle [15] $Q_k = M_A = BC \text{ [j.v./h]}$, kde: (3.5)

$Q_k \text{ [j.v./h]}$intenzita vozidel na vozovce okružního pásu křižovatky mezi výjezdem a následujícím vjezdem – viz obrázek č. 3.6.

$$Q_k = M_A = BC = 291,8 \text{ j.v./h}$$

Podle [15] $Q_e = I_A$ [j.v./h], kde: (3.7)

Q_e [j.v./h].....intenzita vozidel na vjezdu.

$$Q_e = I_A = 208,6 \text{ j.v./h}$$

Kapacita vjezdu ramene A

Podle [13] $L_{el} = 1300 - 0,75 \cdot Q_k$ [j.v./h], kde: (3.13)

L_{el} [j.v./h].....kapacita vjezdu ramene.

$$L_{el} = 1300 - 0,75 \cdot Q_k = 1300 - 0,75 \cdot 291,8 = 1081,2 \text{ j.v./h}$$

Průměrné zdržení na vjezdu ramene A

Podle [13] $CW = \frac{2000+2 \cdot Q_k}{L_{el}-Q_e}$ [s], kde: (3.14)

CW [s].....průměrné zdržení na vjezdu.

$$CW = \frac{2000+2 \cdot Q_k}{L_{el}-Q_e} = \frac{2000+2 \cdot 291,8}{1081,2-208,6} = 3,0 \text{ s}$$

Rezerva pro rameno A

Podle [13] $R_A = L_{el} - Q_e$ [j.v./h], kde: (3.15)

R_A [j.v./h].....kapacitní rezerva pro rameno A.

$$R_A = L_{el} - Q_e = 1081,2 - 208,6 = 872,6 \text{ j.v./h}$$

Rezerva pro rameno A v procentech

Podle [13] $R_{AP} = \frac{R_A}{L_{el}} \cdot 100$ [%], kde: (3.16)

R_{AP} [%].....kapacitní rezerva pro rameno A vyjádřena v procentech.

$$R_{AP} = \frac{R_A}{L_{el}} \cdot 100 = \frac{872,6}{1081,2} \cdot 100 = 80,71 \%$$

Směr B (Porubská)

Intenzity dopravních proudů ramene B (viz 3.5, 3.7)

$$Q_k = M_B = CA = 168,4 \text{ j.v./h}$$

$$Q_e = I_B = 380,6 \text{ j.v./h}$$

Kapacita vjezdu ramene B (viz 3.13)

$$L_{el} = 1300 - 0,75 \cdot Q_k = 1300 - 0,75 \cdot 168,4 = 1173,7 \text{ j.v./h}$$

Průměrné zdržení na vjezdu ramene B (viz 3.14)

$$CW = \frac{2000 + 2 \cdot Q_k}{L_{el} - Q_e} = \frac{2000 + 2 \cdot 168,4}{1173,7 - 380,6} = 2,9 \text{ s}$$

Rezerva pro rameno B (viz 3.15)

$$R_B = L_{el} - Q_e = 1173,7 - 380,6 = 793,1 \text{ j.v./h}$$

Rezerva pro rameno B v procentech (viz 3.16)

$$R_{BP} = \frac{R_B}{L_{el}} \cdot 100 = \frac{793,1}{1173,7} \cdot 100 = 67,67 \%$$

Směr C (Porubská)

Intenzity dopravních proudů ramene C (viz 3.5, 3.7)

$$Q_k = M_C = AB = 71 \text{ j.v./h}$$

$$Q_e = I_C = 502 \text{ j.v./h}$$

Kapacita vjezdu ramene C (viz 3.13)

$$L_{el} = 1300 - 0,75 \cdot Q_k = 1300 - 0,75 \cdot 71 = 1246,8 \text{ j.v./h}$$

Průměrné zdržení na vjezdu ramene C (viz 3.14)

$$CW = \frac{2000 + 2 \cdot Q_k}{L_{el} - Q_e} = \frac{2000 + 2 \cdot 71}{1246,8 - 502} = 2,9 \text{ s}$$

Rezerva pro rameno C (viz 3.15)

$$R_C = L_{el} - Q_e = 1246,8 - 502 = 744,8 \text{ j.v./h}$$

Rezerva pro rameno C v procentech (viz 3.16)

$$R_{CP} = \frac{R_C}{L_{el}} \cdot 100 = \frac{744,8}{1246,8} \cdot 100 = 59,74 \%$$

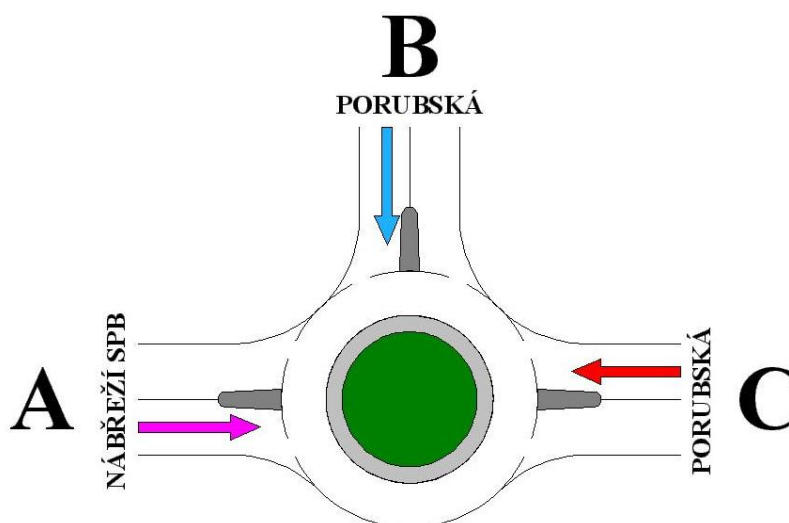
3.2.4 Srovnání rezerv všech použitých metod

Z porovnání jednotlivých rezerv vjezdů okružní křižovatky vyplynulo, že metody EPFL a VSS nabývají podobných hodnot, zatímco metoda podle Brilona a Stuweho vykazuje hodnoty poněkud nižší.

Aritmetickým průměrem získané hodnoty ukazují, že největší rezerva je na vjezdu ramene A (Nábřeží SPB) a nejmenší pak na vjezdu ramene C (Porubská), jelikož je zde největší intenzita dopravního proudu. Jednotlivé kapacitní rezervy jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce č. 3.3 a názorně zakresleny v obrázku č. 3.8.

Tabulka č. 3.3 – Srovnání kapacitních rezerv podle použitých metod

VJEZD	POUŽITÁ METODA			Ø
	BRILONA A STUWEHO	EPFL	VSS	
A	76,21%	81,83%	80,71%	79,58%
B	60,37%	68,45%	67,67%	65,50%
C	51,40%	62,04%	59,74%	57,73%



Obrázek č. 3.8 – Kapacitní rezervy křižovatky Porubská – Nábřeží SPB

3.3 Návrh světelného signalizačního zařízení

Návrh světelného signalizačního zařízení (dále jen SSZ) je drou variantou jak lze zlepšit celkovou kvalitu provozu. V důsledku tohoto je však zapotřebí provést i zde stavební úpravy. Aby bylo zamezeno konfliktním situacím, ke kterým dochází, musí se poloměr zaoblení zatáčky ve směru Porubská – nábreží SPB radikálně změnit.

3.3.1 Definice a terminologie

Druhy světelných signálů

Pro řízení provozu na pozemních komunikacích se rozlišují světelné signály pro vozidla a světelné signály pro vymezený okruh účastníků provozu na pozemních komunikacích. Světelné signály pro vozidla jsou:

- a) signály tříbarevné soustavy:
 - s plnými kruhovými světly č. S 1a až č. S 1c,
 - se světly se směrovými šipkami č. S 2a až č. S 2c nebo č. S 3a až č. S 3c,
- b) signál přerušovaného žlutého světla č. S 7,
- c) signál doplňkové zelené šipky č. S 5,
- d) signál pro opuštění křižovatky č. S 6,
- e) signál přerušovaného žlutého světla ve tvaru chodce č. S 7,
- f) signál přerušovaného žlutého světla ve tvaru cyklisty a chodce č. S 7,
- g) signál žlutého světla ve tvaru chodce č. S 4,
- h) signál žlutého světla ve tvaru cyklisty č. S 4,
- i) signál žlutého světla ve tvaru cyklisty a chodce č. S 4,
- j) rychlostní signál č. S 12a nebo č. S 12b,
- k) signál pro řízení provozu v jízdním pruhu se střídavým směrem jízdy č. S 1a až č. S 1c nebo č. S 1a a č. S 1c,
- l) signály účelové [16].

Světelné signály pro vymezený okruh účastníků jsou:

- a) signály pro chodce č. S 9a a č. S 9b nebo č. S 11a až č. S 11c,
- b) signály pro tramvaje č. S 15a až č. S 15g,
- c) signály pro cyklisty č. S 10a až č. S 10c nebo č. S 11a až č. S 11c [16].

Fáze

Pod pojmem fáze se rozumí časový interval, v němž mají současně volno určité, zpravidla vzájemně nekolizní dopravní pohyby na křižovatce [16].

Fázové schéma

Fázové schéma je přiřazení dopravních pohybů jednotlivým fázím a nejvýhodnější pořadí fází [16].

Doba volna, doba zelené

Doba volna, doba zelené je doba trvání signálu volno na signální skupině [16].

Doba volna fáze

Doba volna fáze je doba trvání signálu volno na (všech) signálních skupinách v dané fázi [16].

Doplňková šipka

Doplňková šipka je světelný signál č. S 5 Doplnková zelená šipka [16].

Koordinace

Koordinace je takový výsledek sladění signálních plánů řadičů ve skupině SSZ, že vozidla v daném (koordinovaném) směru projedou bez zastavení [16].

Mezičas

Mezičas je časový interval od konce zelené na návěstidle pro jeden směr po začátek doby zelené na návěstidle pro kolizní směr [16].

Plný signál

Plný signál je světelný signál č. S 1a až S 1c [16].

Sdružený signál

Sdružený signál pro chodce a cyklisty je světelný signál č. S 11a až S 11c [16].

Signál stůj

Signál stůj je takový signál, který zakazuje účastníkovi provozu na pozemních komunikacích vstup či vjezd (pokračovat v jízdě) do uzlu [16].

Signál volno

Signál volno je takový signál, který umožňuje účastníkovi provozu na pozemních komunikacích vstup či vjezd (pokračovat v jízdě) do uzlu [16].

Signální skupina

Signální skupina je soubor návěstidel, která udávají v každém okamžiku pro jeden vjezd vozidel nebo vstup chodců na jeden přechod stejný signální obraz [16].

Směrový signál

Směrový signál zahrnuje jak směrový signál, tak kombinovaný směrový signál [16].

Stopčára

Stopčára je vodorovná dopravní značka č. V 5 Příčná čára souvislá nebo č. V 6a Příčná čára souvislá se symbolem „Dej přednost v jízdě!“ nebo č. V 6b Příčná čára souvislá s nápisem STOP [16].

Smyčka

Smyčka je obvykle indukční smyčka, při jiných způsobech detekce její poloha určuje detekční zónu [16].

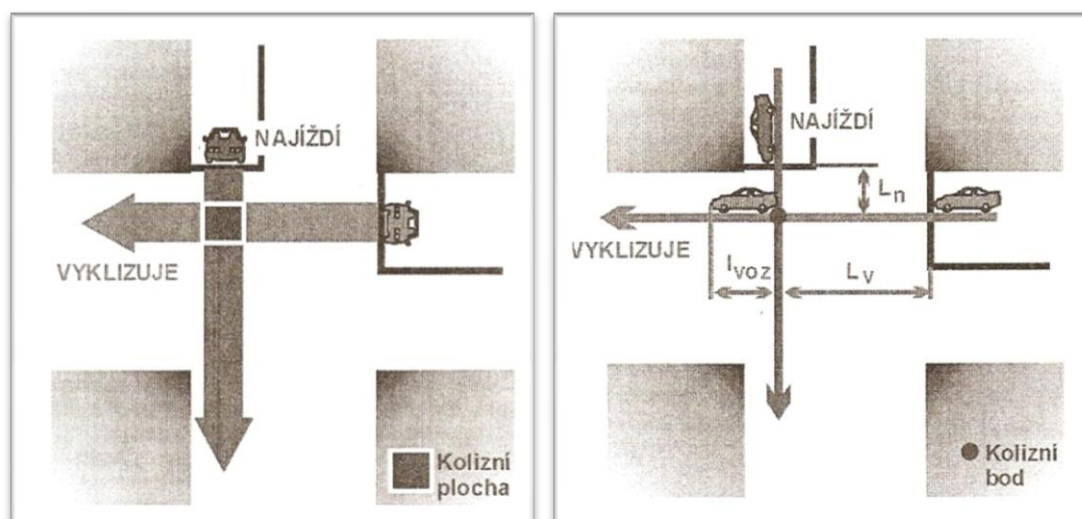
Uzel

Uzel je místo s provozem řízeným světelným signalizačním zařízením (např.: křižovatka, přechod pro chodce, přejezd přes tramvajovou trať, úsek komunikace s řízením provozu v jízdních pruzích) [16].

3.3.2 Kolizní body tříramenné stykové křižovatky

Kolizní dopravní pohyby

Kolizní dopravní pohyby jsou vzájemné pohyby vozidel, které se kříží nebo připojují. Místům, kde se tak děje, říkáme kolizní plochy nebo body [16].



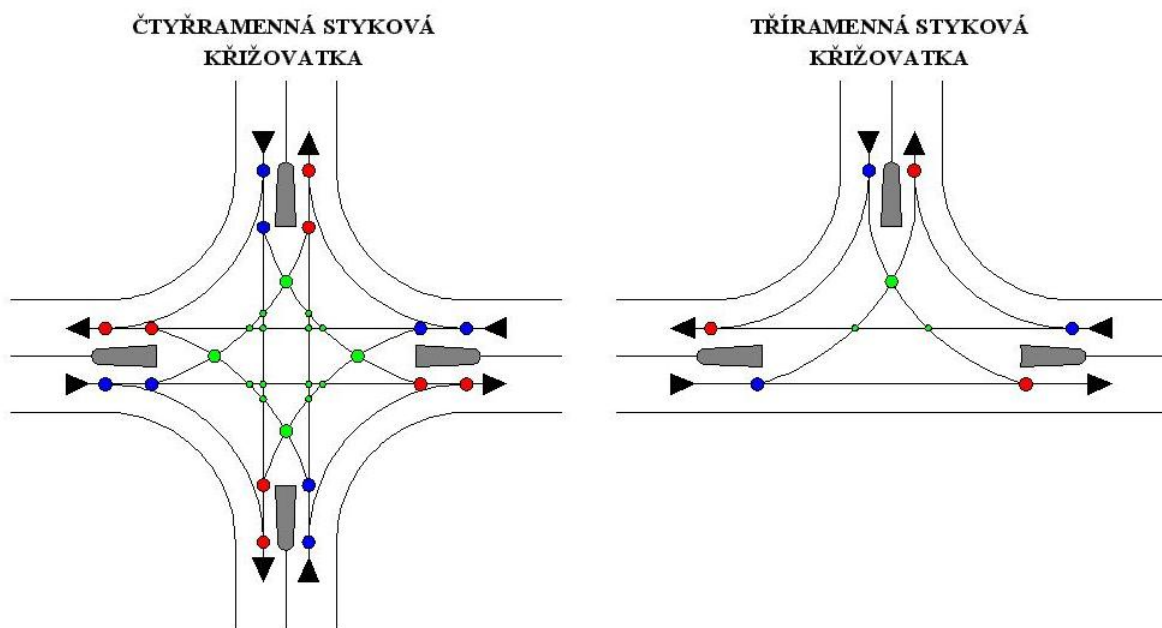
Obrázek č. 3.9 – Znáznornění kolizní plochy a kolizního bodu [7]

U úrovnňové, stykové křižovatky se čtyřmi rameny, která má jednopruhový vjezd i výjezd, je celkový počet kolizních bodů roven 32. Ve srovnání s okružní křižovatkou obdobných parametrů, která má jen 8 kolizních bodů, je neřízená křižovatka mnohokrát nebezpečnější. U řízených křižovatek kolizní body zcela odpadají, ale je potřeba počítat s eventuální poruchou SSZ.

V tříramenné, úrovnňové, stykové křižovatce, která má jednopruhový vjezd i výjezd, nalezneme kolizních bodů pouze 9 – viz obr. č. 3.10.

Podobně jako u okružní křižovatky je možné kolizní body rozdělit na:

- odbočovací (v obr. č. 3.10 vyznačeny modrou barvou),
- přípojné (v obr. č. 3.10 vyznačeny červenou barvou),
- křížné (v obr. č. 3.10 vyznačeny zelenou barvou).



Obrázek č. 3.10 – Srovnání kolizních bodů tříramenné a čtyřramenné stykové křižovatky [1] – upraveno

Tříramenná styková křižovatka:

Obsahuje **9** kolizních bodů, z toho 3 odbočovací, 3 přípojně a 3 křížné.

3.3.3 Zásady při navrhování světelného signalizačního zařízení

SSZ jsou zpravidla zřizována ke zvýšení bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích nebo ke zlepšení plynulosti provozu. Jelikož zájmy jednotlivých účastníků provozu na pozemních komunikacích jsou protichůdné, nelze všem, i když oprávněným, požadavkům jednotlivých účastníků vyhovět současně [16].

Kritéria pro navrhování SSZ

Účelnost řízení křižovatky SSZ je zapotřebí prokázat splněním alespoň jednoho z následujících kritérií:

- *kritérium bezpečnosti provozu,*
- *kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel,*
- *kritérium intenzity provozu z hlediska chodců,*
- *kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy [16].*

Kritérium bezpečnosti provozu

Z hlediska bezpečnosti provozu je dále účelné zřizovat SSZ na místech vhodných zvláštního zřetele, jako jsou například přechody dětí přes frekventované komunikace u škol, výjezdy tramvají z míst ležících mimo komunikaci apod. Tyto lokality je zapotřebí posuzovat individuálně podle místních poměrů, při zohlednění všech nutných podmínek podle ČSN 73 6101 a ČSN 73 6110 [16].

Kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel

SSZ je účelné, dosáhne-li intenzita silničního provozu vyšších hodnot, než jsou stanoveny přípustnými intenzitami neřízených křižovatek podle ČSN 73 6102, a to v průměru osm dopravně nejvíce zatížených hodin dne na hlavní i vedlejší komunikaci. Jestliže křižovatka podle výpočtu kapacitně vyhoví jako neřízená, pak z hlediska intenzity automobilového provozu není SSZ objektivně nutné [16].

Kritérium intenzity provozu z hlediska chodců

V koordinovaných skupinách SSZ je účelné zřídit řízený přechod pro chodce v situaci, kdy chodci narušují plynulý tok dopravního proudu koordinovaného svazku vozidel. Navíc v těchto případech je ochota řidičů, jedoucích v koordinovaném svazku vozidel, dát přednost chodcům nízká a dochází tak k nebezpečným situacím [16].

Kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy

Za důvod k vybudování SSZ pro zajištění plynulosti jízdy vozidel MHD lze považovat zdržení nejmeně každého druhého vozu na dobu delší než dvě minuty ve třech nejzatíženějších hodinách dne [16].

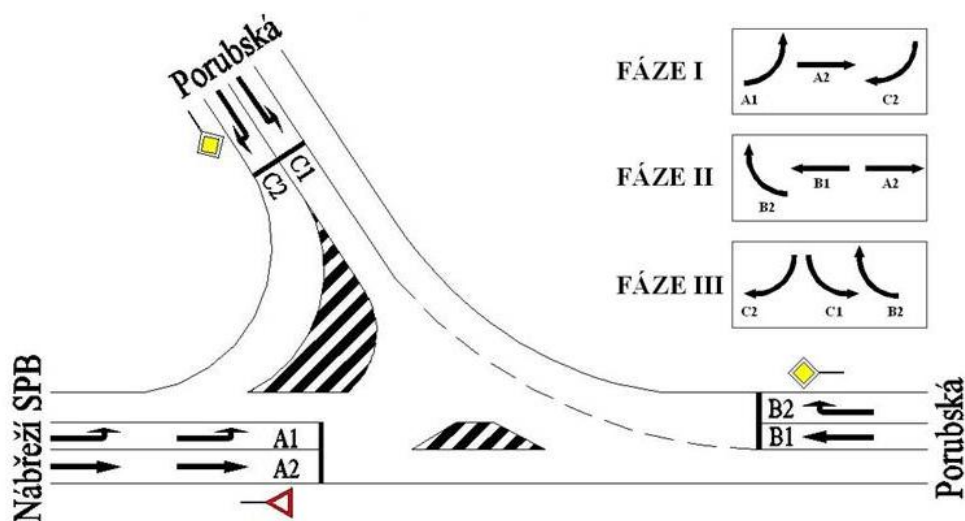
Navržené světelné signalizační zařízení na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB má dvanáct návěstidel, pro každý směr dvě návěstidla. Rozměry křižovatky byly zachovány, jen byl změněn poloměr kritické zatačky na šestnáct metrů a byl přidán jeden jízdní pruh.

3.4 Výpočty pro řízenou křižovatku

Výsledkem výpočtů řízené křižovatky je tzv. signální plán, který určuje pořadí a délku signálu volno pro jednotlivé signální skupiny. Pro stanovení tohoto plánu byla využita metoda spotřeby času.

3.4.1 Fázové schéma

Pro křižovatku Porubská – Nábřeží SPB bylo navrženo třífázové schéma – viz příloha č. 9 a obrázek č. 3.11. V první fázi má signál volno směr A1, A2 a doplňkový nekolizní směr C2, v druhé fázi směr B1, B2 a doplňkový A2 a v třetí fázi směr C1, C2 s doplňkovým nekolizním směrem B2.



Obrázek č. 3.11 – Fázové schéma pro křižovatku Porubská – Nábřeží SPB

3.4.2 Výpočet mezičasů

Jako vzorový příklad je uveden najížděcí směr A1 a vyklizující směry B1, B2 a C1. Směry A2 a C2 nemohou vyklizovat, protože jsou součástí fáze 1, tak jako směr A1. Tabulky jednotlivých najížděcích a vyklizujících směrů jsou uvedeny v příloze č. 10.

A1 najíždí – B1 vyklizuje

Určení najížděcí doby směru A1

Podle [16] $t_n = \frac{L_n}{v_n}$ [s], kde: (3.17)

t_n [s].....najížděcí doba směru A1,

L_n [m].....najížděcí dráha silničního vozidla ze směru A1 – viz příloha č. 10 a obrázek č. 3.9,

v_n [m/s].....najížděcí rychlost ze směru A1 – viz příloha č. 11.

$$t_n = \frac{L_n}{v_n} = \frac{6,9}{7} = 1,0 \text{ s}$$

Určení vyklizovací doby směru B1

Podle [16] $t_v = \frac{L_v + l_{voz}}{v_v}$ [s], kde: (3.18)

t_v [s].....vyklizovací doba směru B1,

L_v [m].....vyklizovací dráha silničního vozidla ze směru B1 – viz příloha č. 10 a obrázek č. 3.9,

l_{voz} [m].....délka vyklizovacího vozidla ze směru B1 – viz příloha č. 11,

v_v [m/s].....vyklizovací rychlost ze směru B1 – viz příloha č. 11.

$$t_v = \frac{L_v + l_{voz}}{v_v} = \frac{43,4 + 5}{9,7} = 5,0 \text{ s}$$

Určení mezičasu pro kolizní směry A1 – B1

Podle [16] $t_m = t_v - t_n + t_b$ [s], kde: (3.19)

t_m [s].....mezičas pro kolizní směry A1 – B1,

t_b [s].....bezpečnostní doba – viz příloha č. 11.

$$t_m = t_v - t_n + t_b = 5,0 - 1,0 + 2 = 6,0 \text{ s}$$

Skutečný mezičas pro kolizní směry A1 a B1 t_{mskut} [s] je zaokrouhlena hodnota t_m [s]. Jestliže $t_m \leq 0$, pak platí $t_{mskut} = 0 \text{ s}$.

$$t_{mskut} = 6 \text{ s}$$

A1 najíždí – B2 vyklizuje

Určení najížděcí doby směru A1 (viz 3.17)

$$t_n = \frac{L_n}{v_n} = \frac{25,4}{7} = 3,6 \text{ s}$$

Určení vyklizovacího směru B2 (viz 3.18)

$$t_v = \frac{L_v + l_{voz}}{v_v} = \frac{43,2 + 5}{7} = 6,9 \text{ s}$$

Určení mezičasu pro kolizní směry A1 – B2 (viz 3.19)

$$t_m = t_v - t_n + t_b = 6,9 - 3,6 + 2 = 5,3 \text{ s}$$

$$t_{mskut} = 6 \text{ s}$$

A1 najíždí – C1 vyklizuje

Určení najížděcí doby směru A1 (viz 3.17)

$$t_n = \frac{L_n}{v_n} = \frac{16,5}{7} = 2,4 \text{ s}$$

Určení vyklizovacího směru C1 (viz 3.18)

$$t_v = \frac{L_v + l_{voz}}{v_v} = \frac{23,2 + 5}{7} = 4,1 \text{ s}$$

Určení mezičasu pro kolizní směry A1 – C1 (viz 3.19)

$$t_m = t_v - t_n + t_b = 4,1 - 2,4 + 2 = 3,7 \text{ s}$$

$$t_{mskut} = 4 \text{ s}$$

Takovým to způsobem byly provedeny výpočty mezičasů i pro zbývající najížděcí a vyklizující směry – viz příloha č. 10.

Názorná ukázka tabelárně zpracovaných hodnot pro najížděcí směr A1 a vyklizující směry B2 a C1 je v tabulce č. 3.4.

Tabulka č. 3.4 – Tabulka pro najížděcí směr A1

Najíždí	Vyklizuje		
A1	B1	B2	C1
L_v [m]	43,4	43,2	23,2
L_n [m]	6,9	25,4	16,5
V_v [m/s]	9,7	7,0	7,0
V_n [m/s]	7,0	7,0	7,0
l_{voz} [m]	5,0	5,0	5,0
t_v [s]	5,0	6,9	4,0
t_n [s]	1,0	3,6	2,4
t_b [s]	2,0	2,0	2,0
t_m [s]	6,0	5,3	3,7
t_{mskut} [s]	6	6	4

Určení mezičasů pro jednotlivé kombinace fází

Jelikož signální skupina často řídí provoz ve více směrech či proudech, vyskytne se také větší počet kolizních ploch, a tedy i několik mezičasů. Rozhodujícím se pak stává mezičas s nejvyšší hodnotou – viz tabulka č. 3.5.

Pro určení jednotlivých kombinací fází bylo vycházeno z tabulek pro jednotlivé najížděcí směry – viz příloha č. 10 a z fázového schéma – viz obrázek č. 3.11.

Tabulka č. 3.5 – Tabulky pro určení maximálního mezičasu pro I. fázi

1 a 2	Najíždí z 2. fáze		
Vyklizuje	A2	B1	B2
A1	-	0	1
A2	-	-	-
C2	-	2	-
t_{m12}	2		

1 a 3	Najíždí z 3. fáze		
Vyklizuje	B2	C1	C2
A1	1	2	-
A2	-	0	-
C2	-	-	-
t_{m13}	2		

Zbývající maximální mezičasy pro jednotlivé fáze jsou uvedeny v příloze č. 12.

V případě, že výsledný mezičas je záporný, znamená to, že najížděcí vozidlo nemůže ohrozit vyklizovací vozidlo, protože vzdálenost mezi nimi je příliš velká. Výsledky těchto maximálních mezičasů pro jednotlivé fáze jsou srovnány v tabulce č. 3.6.

Tabulka č. 3.6 – Srovnání maximálních mezičasů pro jednotlivé fáze

Kombinace fází	$t_m [s]$	Kombinace fází	$t_m [s]$	Kombinace fází	$t_m [s]$
1 a 2	2	2 a 1	6	3 a 1	8
1 a 3	2	2 a 3	4	3 a 2	11

3.4.3 Stanovení efektivního pořadí fází

Pořadí fází je nutné navrhovat tak, aby se minimalizoval součet jednotlivých mezičasů. V tomto případě se jedná pouze o dvě možné kombinace fází.

Určení součtu mezičasů

Podle [7] $t_{m,x} = \sum_{i=1}^{n_f} t_{m,j} [s]$, kde: (3.20)

$t_{m,x} [s]$určení součtu mezičasů,

$t_{m,j} [s]$mezičas mezi fázemi,

$n_f [-]$počet fází,

xčíslo kombinace pořadí fází.

$$t_{m,1} = t_{m12} + t_{m23} + t_{m31} = 2 + 4 + 8 = 14 \text{ s}$$

$$t_{m,2} = t_{m13} + t_{m32} + t_{m21} = 2 + 11 + 6 = 19 \text{ s}$$

Nejmenší součet mezičasů byl při kombinaci fází 1, 2, 3 s hodnotou 14 s. Při kombinaci fází 1, 3, 2 byla dosažena hodnota 19 s. Nejeфективnější je tak první uvedená kombinace.

3.4.4 Metoda spotřeby času

Podstatou této metody je, že se intenzita jednotlivých dopravních směrů upravuje vynásobením koeficientů faktoru omezení, čímž se zohledňují vlivy na zpomalení nebo na zrychlení pohybu vozidla prostorem křižovatky [16].

Směr A (Nábřeží SPB) – první fáze

Výsledný koeficient faktoru omezení pro vyšetřovaný směr A

Podle [16] $K_A = k_{\text{šíř}} \cdot k_{\text{skl}} \cdot k_R \cdot k_{\text{odb}} \cdot k_{\text{ch}} \cdot k_n$ [-], kde: (3.21)

K_A [-].....výsledný koeficient faktoru omezení pro směr A,

$k_{\text{šíř}}$ [-].....určuje šířku řadícího pruhu – viz příloha č. 13,

k_{skl} [-].....určuje sklonové poměry – viz příloha č. 13,

k_R [-].....určuje poloměr odbočování – viz příloha č. 13,

k_{odb} [-].....určuje poměr odbočujících a přímo jedoucích vozidel v jednom řadícím pruhu – viz příloha č. 13,

k_{ch} [-].....určuje intenzitu chodců – viz příloha č. 13,

k_n [-].....určuje počet řadících pruhů pro tentýž směr na jednom vjezdu – viz příloha č. 13.

$$K_A = k_{\text{šíř}} \cdot k_{\text{skl}} \cdot k_R \cdot k_{\text{odb}} \cdot k_{\text{ch}} \cdot k_n = 1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,05 = 1,52$$

Výpočtové zatížení pro první fázi

Podle [16] $M_I = \frac{I_I \cdot K_A}{n} \cdot K_{\text{nár}}$ [j.v./h], kde: (3.22)

M_I [j.v./h].....výpočtové zatížení pro první fázi,

I_I [-].....intenzita dopravního směru – vybírá se směr s nejvyšší intenzitou,

n [-].....počet řadících pruhů ve směru,

$K_{\text{nár}}$ [-].....koeficient nárůstu intenzity dopravy – viz příloha č. 13.

$$M_I = \frac{I_I \cdot K_A}{n} \cdot K_{\text{nár}} = \frac{137,6 \cdot 1,52}{1} \cdot 1,3 = 271,9 \text{ j.v./h}$$

Součet jednotlivých výpočtových zatížení

Podle [16] $\sum M = M_I + M_{II} + M_{III}$ [j.v./h], kde: (3.23)

M [j.v./h].....součet jednotlivých výpočtových zatížení.

$$\sum M = M_I + M_{II} + M_{III} = 271,9 + 576,8 + 550,1 = 1398,6 \text{ j.v./h}$$

Výpočtová délka cyklu

Podle [16] $C_v = \frac{t_{m,1}}{1 - \frac{\sum M}{S}}$ [s], kde: (3.24)

C_v [s].....délka cyklu,

S [j.v./h].....saturovaný tok - $S \in \langle 1400 \div 1900 \rangle$ [j.v./h], byla zvolena hodnota

$S = 1900$ [j.v./h].

$$C_v = \frac{t_{m,1}}{1 - \frac{\sum M}{S}} = \frac{14}{1 - \frac{1398,6}{1900}} = 53,1 \text{ s}$$

Skutečná délka cyklu

Podle [16] $C = \langle 1,05 \div 1,1 \rangle \cdot C_v$ [s], kde: (3.25)

C [s].....skutečná délka cyklu – byla navýšena o 9% oproti výpočtové.

$$C = 1,09 \cdot C_v = 1,09 \cdot 53,1 = 58 \text{ s}$$

Délka zelené pro první fázi

Podle [16] $Z_I = \frac{C}{S} \cdot M_I$ [s], kde: (3.26)

Z_I [s].....délka zelené pro první fázi.

$$Z_I = \frac{C}{S} \cdot M_I = \frac{58}{1900} \cdot 271,9 = 8,3 \cong 9 \text{ s}$$

Posouzení kapacit vjezdů pro první fázi

Podle [16] $K_I = \frac{S}{C} \cdot Z_I$ [s], kde: (3.27)

K_I [s].....posouzení kapacit vjezdů pro první fázi.

$$K_I = \frac{S}{C} \cdot Z_I = \frac{1900}{58} \cdot 9 = 294,8 \text{ j.v./h}$$

Stanovení rezervy pro první fázi

Podle [16] $R_I = \left(1 - \frac{I_I}{K_I}\right) \cdot 100$ [%], kde: (3.28)

R_I [s].....rezerva pro první fázi.

$$R_I = \left(1 - \frac{I_I}{K_I}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{137,6}{294,8}\right) \cdot 100 = 53,32 \%$$

Výpočet délky řadícího pruhu u první fáze

Podle [16] $l_I = \frac{7}{3600} \cdot M_I \cdot (C - Z_I)$ [m], kde: (3.29)

l_I [s].....délka řadícího pruhu u první fáze.

$$l_I = \frac{7}{3600} \cdot M_I \cdot (C - Z_I) = \frac{7}{3600} \cdot 271,9 \cdot (58 - 9) = 25,9 \text{ m}$$

Směr B (Porubská) – druhá fáze

Výsledný koeficient faktoru omezení pro vyšetřovaný směr B (viz 3.21)

$$K_B = k_{\text{šíř}} \cdot k_{\text{skl}} \cdot k_R \cdot k_{\text{odb}} \cdot k_{\text{ch}} \cdot k_n = 1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,05 = 1,33$$

Výpočtové zatížení pro druhou fázi (viz 3.22)

$$M_{II} = \frac{I_{II} \cdot K_B}{n} \cdot K_{\text{nár}} = \frac{333,6 \cdot 1,33}{1} \cdot 1,3 = 576,8 \text{ j.v./h}$$

Délka zelené pro druhou fázi (viz 3.26)

$$Z_{II} = \frac{C}{S} \cdot M_{II} = \frac{58}{1900} \cdot 576,8 = 17,6 \cong 18 \text{ s}$$

Posouzení kapacit vjezdů pro druhou fázi (viz 3.27)

$$K_{II} = \frac{S}{c} \cdot Z_{II} = \frac{1900}{58} \cdot 18 = 589,7 \text{ j.v./h}$$

Stanovení rezervy pro druhou fázi (viz 3.28)

$$R_{II} = \left(1 - \frac{I_{II}}{K_{II}}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{333,6}{589,7}\right) \cdot 100 = 43,43 \%$$

Výpočet délky řadícího pruhu u druhé fáze (viz 3.29)

$$l_{II} = \frac{7}{3600} \cdot M_{II} \cdot (C - Z_{II}) = \frac{7}{3600} \cdot 576,8 \cdot (58 - 18) = 44,9 \text{ m}$$

Směr C (Porubská) – třetí fáze

Výsledný koeficient faktoru omezení pro vyšetřovaný směr C (viz 3.21)

$$K_C = k_{\text{řř}} \cdot k_{\text{skl}} \cdot k_R \cdot k_{\text{odb}} \cdot k_{\text{ch}} \cdot k_n = 1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,05 = 1,45$$

Výpočtové zatížení pro třetí fázi (viz 3.22)

$$M_{III} = \frac{I_{III} \cdot K_C}{n} \cdot K_{\text{nár}} = \frac{291,8 \cdot 1,45}{1} \cdot 1,3 = 550,1 \text{ j.v./h}$$

Délka zelené pro třetí fázi (viz 3.26)

$$Z_{III} = \frac{c}{S} \cdot M_{III} = \frac{58}{1900} \cdot 550,1 = 16,8 \cong 17 \text{ s}$$

Posouzení kapacit vjezdů pro třetí fázi (viz 3.27)

$$K_{III} = \frac{S}{c} \cdot Z_{III} = \frac{1900}{58} \cdot 17 = 556,9 \text{ j.v./h}$$

Stanovení rezervy pro třetí fázi (viz 3.28)

$$R_{III} = \left(1 - \frac{I_{III}}{K_{III}}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{291,8}{556,9}\right) \cdot 100 = 47,6 \%$$

Výpočet délky řadícího pruhu u třetí fáze (viz 3.29)

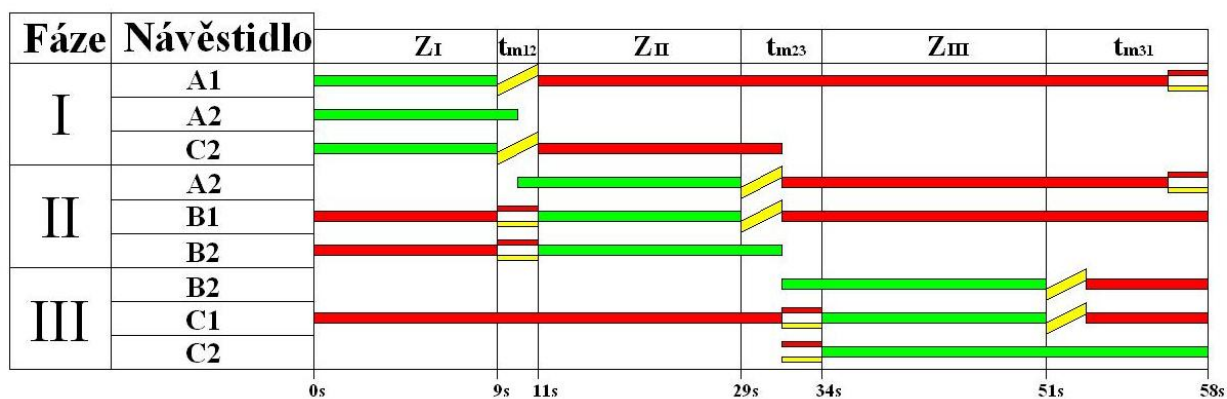
$$l_{III} = \frac{7}{3600} \cdot M_{III} \cdot (C - Z_{III}) = \frac{7}{3600} \cdot 550,1 \cdot (58 - 17) = 43,9 \text{ m}$$

3.4.5 Zhodnocení použité metody podle spotřeby času

Použitím metody podle spotřeby času bylo zjištěno, že největší rezerva vjezdu je v první fázi a nejmenší pak ve fázi druhé, jelikož je zde největší výpočtové zatížení. Délky jednotlivých signálů volno jsou uvedeny v tabulce č. 3.7. Na základě hodnot uvedených v této tabulce byl také sestaven signální plán křižovatky Porubská – Nábřeží SPB, který je uveden na obrázku č. 3.12 a v příloze č. 14.

Tabulka č. 3.7 – Metoda spotřeby času aplikovaná na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB

METODA SPOTŘEBY ČASU					
FÁZE	Výpočtové zatížení	Délka zelené	Kapacita vjezdů	Rezervy vjezdů	Délka řadícího pruhu
I	271,9 j.v./h	9 s	294,8 j.v./h	53.32%	25,9 m
II	576,8 j.v./h	18 s	589,7 j.v./h	43.43%	44,9 m
III	550,1 j.v./h	17 s	556,9 j.v./h	47.60%	43,9 m



Obrázek č. 3.12 – Signální plán křižovatky Porubská – Nábřeží SPB

4 Zhodnocení návrhu z hlediska bezpečnostního a ekonomického

Celková položka za provedení stavebně technických úprav zahrnuje náklady na dopravní značení, stavební úpravy, a v případě řízené křižovatky také cenu světelného signalizačního zařízení.

4.1 Zhodnocení návrhu okružní křižovatky

Nejvyšší náklady v ekonomickém zhodnocení okružní křižovatky jsou bezesporu vynaloženy na stavební úpravy. Je zapotřebí provést celkovou rekonstrukci vozovky a také vybudovat nový chodník se zámkovou dlažbou. V tomto případě je vhodné počítat i s menší rezervou. Celková položka byla stanovena na 4 946 160 Kč – viz tabulka č. 4.1.

Tabulka č. 4.1 – Ekonomické zhodnocení okružní křižovatky Porubská – Nábřeží SPB [17]

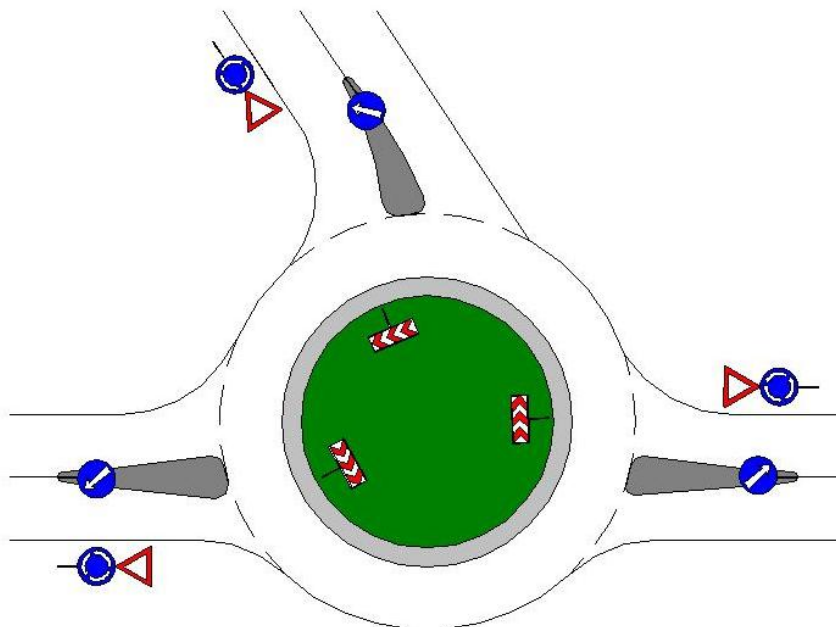
DOPRAVNÍ ZNAČENÍ	MNOŽSTVÍ	JEDNOTKA	CENA ZA JEDNOTKU	CENA ZA MNOŽSTVÍ
Odstranění vodorovného značení:	132	m ²	180 Kč	23 760 Kč
Vodorovné dopravní značení:	36	m ²	450 Kč	16 200 Kč
Svislé dopravní značení:	12	ks	5 375 Kč	64 500 Kč
Montáž a demontáž svislého značení:	21	ks	600 Kč	12 600 Kč
Cena za dopravní značení:				117 060 Kč
STAVEBNÍ ÚPRAVY				
Rekonstrukce vozovky:	1249	m ²	3 500 Kč	4 371 500 Kč
Vybudování chodníku se zámkovou dlažbou:	596	m ²	600 Kč	357 600 Kč
Rezerva:	1	ks	100 000 Kč	100 000 Kč
Cena za stavební úpravy:				4 829 100 Kč
CELKOVÁ POLOŽKA				
Dopravní značení:	1	celek	117 060 Kč	117 060 Kč
Stavební úpravy:	1	celek	4 829 100 Kč	4 829 100 Kč
Cena celková:				4 946 160 Kč

Výhody okružní křižovatky Porubská – Nábřeží SPB:

- jednoznačné vymezení přednosti v jízdě na okružním jízdním pásu před vozidly, která čekají na vjezdu,
- snižuje závažnosti dopravních nehod,
- řidiči jsou nuceni při průjezdu okružní křižovatkou snížit nájezdovou rychlost svého vozidla, a následně tím zlepšit celkovou plynulost provozu,
- zlepšení celkového výhledu při průjezdu,
- nezávislá na zdroji elektrické energie,
- nízká pravděpodobnost vzniku kongesce,
- snadná údržba.

Nevýhody okružní křižovatky Porubská – Nábřeží SPB:

- příliš vysoké náklady na vybudování,
- náročné stavební úpravy,
- rozsáhlá rekonstrukce vozovky,
- v době výstavby musí být tato křižovatka mimo provoz.



Obrázek č. 4.1 – Okružní křižovatka Porubská – Nábřeží SPB

4.2 Zhodnocení návrhu řízené křižovatky SSZ

V tomto případě je nejvyšší částka investována do samotného světelného signalizačního zařízení, kde nejvyšší položkou je řadič světelné signalizace. Podobně jako u návrhu okružní křižovatky také i zde musí být provedeny stavební úpravy, ovšem v menším rozsahu. Křižovatka musela být rozšířena z důvodů příliš malého poloměru zatáčky. Také v tomto případě je vhodné počítat s rezervou, která je poněkud vyšší než u okružní křižovatky. Celková položka pak činí 3 225 275 Kč – viz tabulka č. 4.2.

Tabulka č. 4.2 – Ekonomické zhodnocení řízené křižovatky SSZ Porubská – Nábřeží SPB [17]

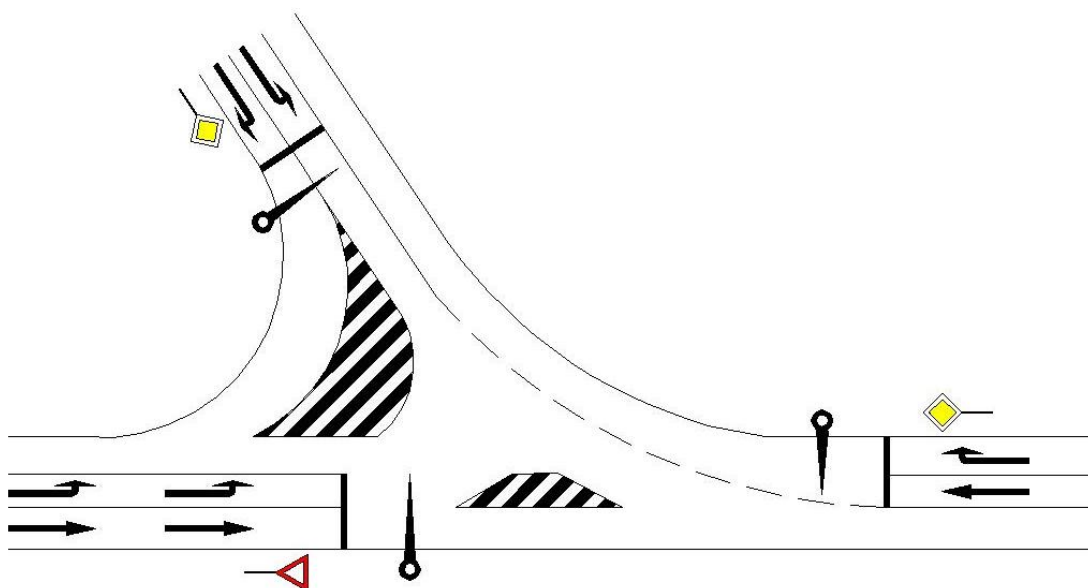
DOPRAVNÍ ZNAČENÍ	MNOŽSTVÍ	JEDNOTKA	CENA ZA JEDNOTKU	CENA ZA MNOŽSTVÍ
Odstranění vodorovného značení:	80	m ²	180 Kč	14 400 Kč
Vodorovné dopravní značení:	212	m ²	450 Kč	95 400 Kč
Svislé dopravní značení:	9	ks	5 375 Kč	48 375 Kč
Montáž a demontáž svislého značení:	9	ks	600 Kč	5 400 Kč
Cena za dopravní značení:				163 575 Kč
STAVEBNÍ ÚPRAVY				
Rekonstrukce vozovky:	128	m ²	3 500 Kč	448 000 Kč
Vybudování chodníku se zámkovou dlažbou:	102	m ²	600 Kč	61 200 Kč
Rezerva:	1	ks	100 000 Kč	100 000 Kč
Cena za stavební úpravy:				609 200 Kč
SVĚTELNÉ SIGNALIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ				
Stožáry:	1	celek	220 000 Kč	220 000 Kč
Výložníky:	1	celek	155 000 Kč	155 000 Kč
Návěstidla:	1	celek	300 000 Kč	300 000 Kč
Ostatní materiál:	1	celek	30 000 Kč	30 000 Kč
Montáž:	1	celek	187 500 Kč	187 500 Kč
Zemní práce:	1	celek	300 000 Kč	300 000 Kč
Řadič světelné signalizace:	1	celek	700 000 Kč	700 000 Kč
Návrh signálního plánu:	1	celek	60 000 Kč	60 000 Kč
Rezerva:	1	celek	500 000 Kč	500 000 Kč
Cena za světelné signalizační zařízení:				2 452 500 Kč
CELKOVÁ POLOŽKA				
Dopravní značení:	1	celek	163 575 Kč	163 575 Kč
Stavební úpravy:	1	celek	609 200 Kč	609 200 Kč
Světelné signalizační zařízení:	1	celek	2 452 500 Kč	2 452 500 Kč
Cena celková:				3 225 275 Kč

Výhody řízené křižovatky SSZ Porubská – Nábřeží SPB:

- za ideálních podmínek neexistují kolizní body,
- zajistí bezpečnost provozu,
- příznivější pořizovací cena oproti okružní křižovatce.

Nevýhody řízené křižovatky SSZ Porubská – Nábřeží SPB:

- v poruchovém, či nočním režimu se stává křižovatkou řízenou pouze dopravním značením,
- nezajistí plynulost provozu,
- závislost na zdroji elektrické energie,
- vyšší pravděpodobnost vzniku kongesce,
- zvýšení emisních norem v blízkém okolí křižovatky,
- náročnější údržba.



Obrázek č. 4.2 – Řízená křižovatka SSZ Porubská – Nábřeží SPB

4.3 Výběr nejvhodnějšího návrhu

Nespornou výhodou okružní křižovatky je jednoznačné vymezení přednosti v jízdě na okružním jízdním pásu před vozidly, která čekají na vjezdu. Zlepšení celkového výhledu pak zajistí vyšší bezpečnost provozu. Při průjezdu okružní křižovatkou jsou řidiči nuceni snížit svou nájezdovou rychlost, a tím zlepšit plynulost dopravy. Jelikož má tato navržená okružní křižovatka vysoké hodnoty kapacitních rezerv, lze předpokládat, že ke kongesci dojde jen velmi zřídka. Velkou výhodou je také snadná údržba oproti světelnému signalizačnímu značení a nezávislost na elektrické energii.

Největší nevýhodou okružní křižovatky je její pořizovací cena, která atakuje hranici pěti miliónů korun. Musí se zde provést náročné stavební úpravy a rozsáhlá rekonstrukce vozovky. Jako jistou nevýhodu lze chápat i fakt, že křižovatka v době výstavby bude mimo provoz.

Výhodou křižovatek se světelným signalizačním zařízením jsou bezesporu kolizní body, které v tomto případě neexistují, a tedy je vysoká bezpečnost provozu. Příznivá je i cena, která by se bez stavebních úprav pohybovala okolo půl druhého miliónu korun.

U křižovatky řízené pomocí SSZ je celá řada nevýhod. Jelikož je závislá na elektrické energii, při jejím výpadku se stává křižovatkou řízenou pouze dopravním značením. Také není schopna zajistit plynulost provozu jako okružní křižovatka a je zde vyšší pravděpodobnost vzniku kongesce. Mezi negativní vlivy patří i zvýšené emise, které produkují vozidla čekající na signál volno. Náročnější bude i údržba a případné opravy celého světelného signalizačního zařízení.

Po zhodnocení těchto výhod a nevýhod bylo rozhodnuto, že vhodným řešením je první návrh. I přes nepříznivou cenu byla zvolena varianta okružní křižovatky.

5 Závěr

V úvodní části byla popsána křižovatka Porubská – Nábřeží SPB v Ostravě – Porubě. Byl proveden dopravní průzkum této křižovatky, ze kterého následně vyplynula intenzita vozidel v jednotlivých směrech. Na základě těchto intenzit byl vytvořen kartogram a pentlogram. Také byl určen počet a typ vozidel, která křižovatkou projela za jednu hodinu.

V další kapitole byla provedena analýza dopravních nehodovostí na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB. V roce 2008 zde došlo ke třem dopravním nehodám, které se obešly bez vážnějších zranění. Přestože v roce 2009 nebyla žádná nehoda evidována, dochází zde k závažným konfliktním situacím.

K eliminaci konfliktních situací byly použity dvě varianty řešení. První z nich je návrh okružní křižovatky a druhou je vybudování světelného signalizačního zařízení.

Navržená okružní křižovatka je s jednopruhovým vjezdem a výjezdem a s jedním jízdním pruhem na okružním pásu. Kapacitní rezervy této křižovatky byly vypočteny podle tří metod (metoda Brilona a Stuweho, metoda EPFL a metoda VSS) a následně srovnány. Navržená okružní křižovatka je kapacitně vyhovující pro všechna tři ramena.

Při návrhu SSZ se postupovalo podle metody spotřeby času. Bylo zvoleno třífázové schéma. Vypočetla se délka jednotlivých zelených fází a byl zkonstruován signální plán. Z kapacitního hlediska je navržená křižovatka rovněž vyhovující. Rozměry křižovatky byly téměř zachovány.

Další kapitola se zabývala srovnáním okružní křižovatky s křižovatkou se SSZ z ekonomického a bezpečnostního hlediska. Porovnávaly se výhody a nevýhody jednotlivých návrhů a také došlo ke srovnání konečných nákladů. Na základě těchto údajů byla zvolena jedna z možností, varianta okružní křižovatky.

Cílem této práce bylo zajistit zvýšení bezpečnosti a plynulosti provozu. Okružní křižovatka obě kritéria splňuje.

6 Seznam použité literatury

- [1] KŘIVDA, V. Základy organizace a řízení silniční dopravy, Ostrava: VŠB - TU, 2006. 170s. ISBN 80-248-1253-3
- [2] Byty - Ostrava [online].[cit. 2009-12-06]. Dostupný z: <http://www.byty-ostrava.cz/cz/ostrava/poruba/default.aspx>
- [3] MO Poruba [online].[cit. 2009-12-06]. Dostupný z: http://www.moporuba.cz/poruba_historie_c.php
- [4] Mapy [online].[cit. 2009-12-07]. Dostupný z: <http://maps.google.cz/>
- [5] Jízdní řády [online].[cit. 2009-12-07]. Dostupný z: <http://www.dpo.cz/jr/bus.htm>
- [6] Plán sítě [online].[cit. 2009-12-08]. Dostupný z: <http://www.dpo.cz/plansite/13.htm>
- [7] KŘIVDA, V. Organizace a řízení dopravy II, Ostrava: VŠB - TU, 2009. 154s. ISBN 978-80-248-2123-8
- [8] Statistika SK [online].[cit. 2009-12-09]. Dostupný z: <http://www.minv.sk/?statistika-dopravnej-nehodovosti>
- [9] Statistika CZ [online].[cit. 2009-12-09]. Dostupný z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-178464.aspx?q=Y2hudW09MQ%3d%3d>
- [10] Nehodovost v ČR [online].[cit. 2009-12-09]. Dostupný z: <http://news.auto.cz/bezpecnost/nehodovost-v-cr-roce-2009-na-nasich-silnicich-zemrelo-832-osob.html>
- [11] Statistika OV [online].[cit. 2009-12-11]. Dostupný z: <http://www.ostrava.cz/jahia/Jahia/site/ostrava/cache/offonce/ostrava/magistrat>

- [12] MYNAŘÍK, Jiří. Osobní sdělení. Nehodovost křižovatky Porubská – Nábřeží SPB, Ostrava, 2010
- [13] FOLPRECHT, J.; KŘIVDA, V. Organizace a řízení dopravy I, Ostrava: VŠB - TU, 2006. 158s. ISBN 80-248-1030-1
- [14] KŘIVDA, Vladislav. Osobní sdělení. Složení symbolu Folprechtovy metody, Ostrava: VŠB - TU, 2009
- [15] Technické podmínky TP 135. Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích. Ostrava: V-projekt, Ministerstvo dopravy a spojů České republiky, 2005
- [16] Technické podmínky TP 81. Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení silničního provozu. Brno: CDV, Ministerstvo dopravy České republiky, 1996. 111s. ISBN 80-902141-2-6
- [17] MYNAŘÍK, Jiří. Osobní sdělení. Ceník k ekonomickému zhodnocení, Ostrava, 2010

7 Seznam příloh

Příloha A: Lokalizace křižovatky Porubská – Nábřeží SPB a přilehlých ulic z globálního pohledu na město Ostrava [4].

Příloha B: Náhledy do křižovatky ze všech třech směrů a pohled na obchody v suterénu obloku.

Příloha C: Dopravní průzkum na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB s použitím Folprechtovy videoanalýzy.

Příloha D: Tabulka nehodovosti na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB za rok 2008 a policejní záznamy pořízené z místa nehody [12].

Příloha E: Konfliktní situace na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB.

Příloha F: Tabulka limitních hodnot střední doby zdržení na vjezdech do neřízené křižovatky [7].

Příloha G: Graf pro zjištění faktoru α [15].

Příloha H: Střední čekací doba v závislosti na rezervě kapacity a kapacitě vjezdu [15].

Příloha I: Fázové schéma pro křižovatku Porubská – Nábřeží SPB.

Příloha J: Tabulky najížděcích a vyklízejících směrů včetně stanovených hodnot mezičasů.

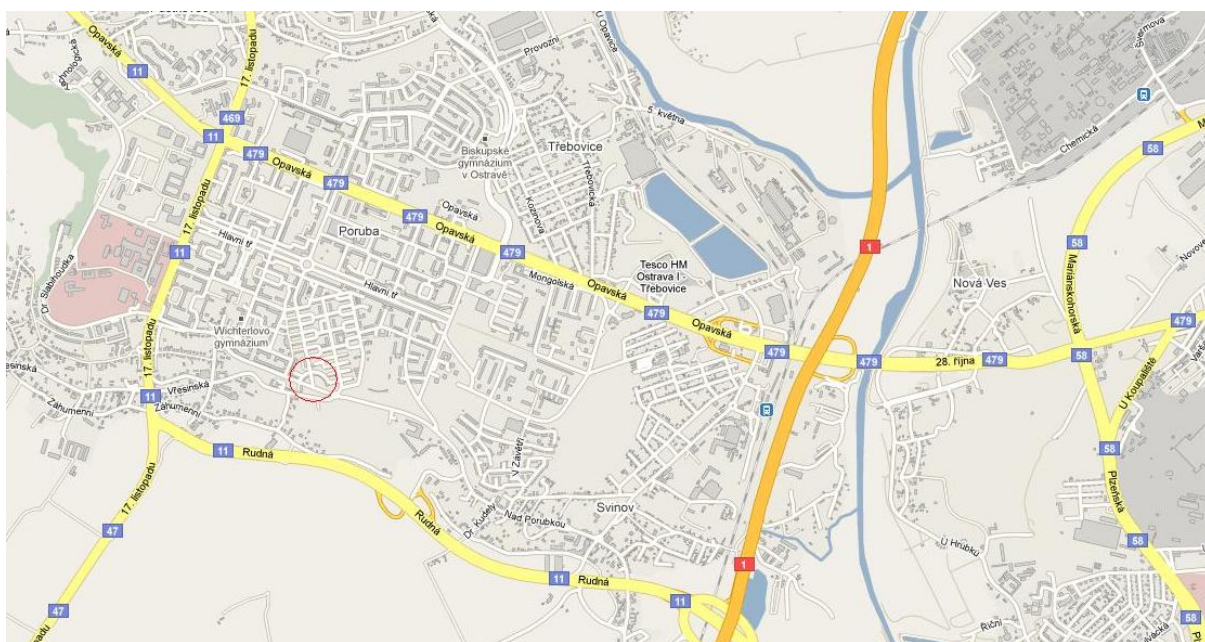
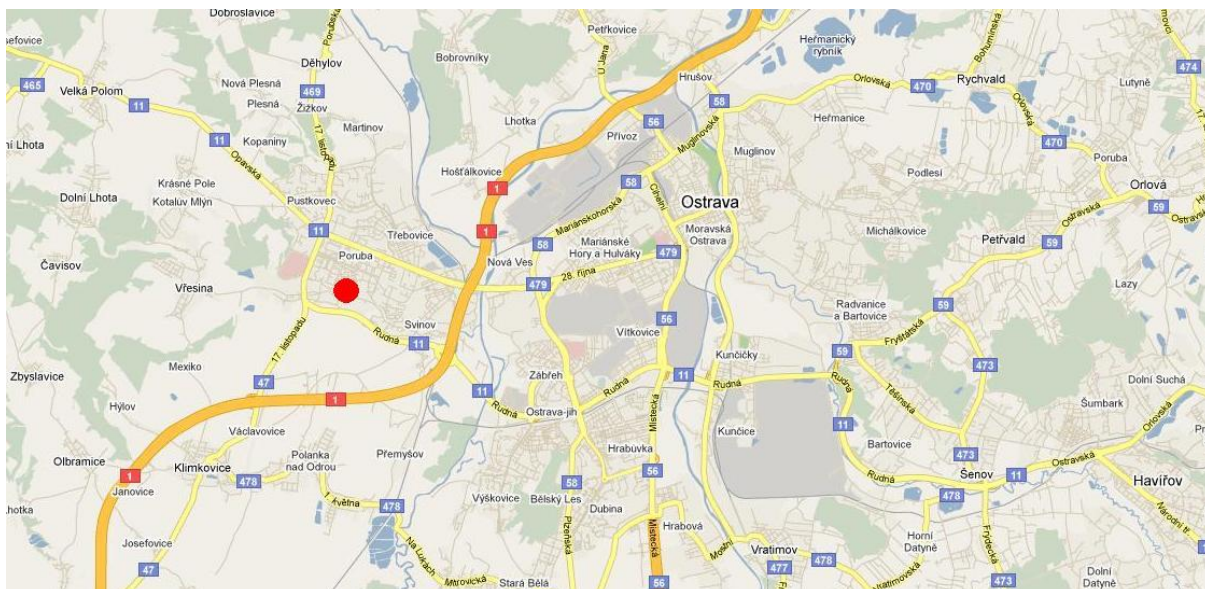
Příloha K: Tabulka standardních hodnot pro výpočet mezičasů [16].

Příloha L: Tabulky určující maximální mezičasy pro jednotlivé kombinace fází.

Příloha M: Hodnoty pro určení dílčích koeficientů faktoru omezení [16].

Příloha N: Signální plán křižovatky Porubská – Nábřeží SPB.

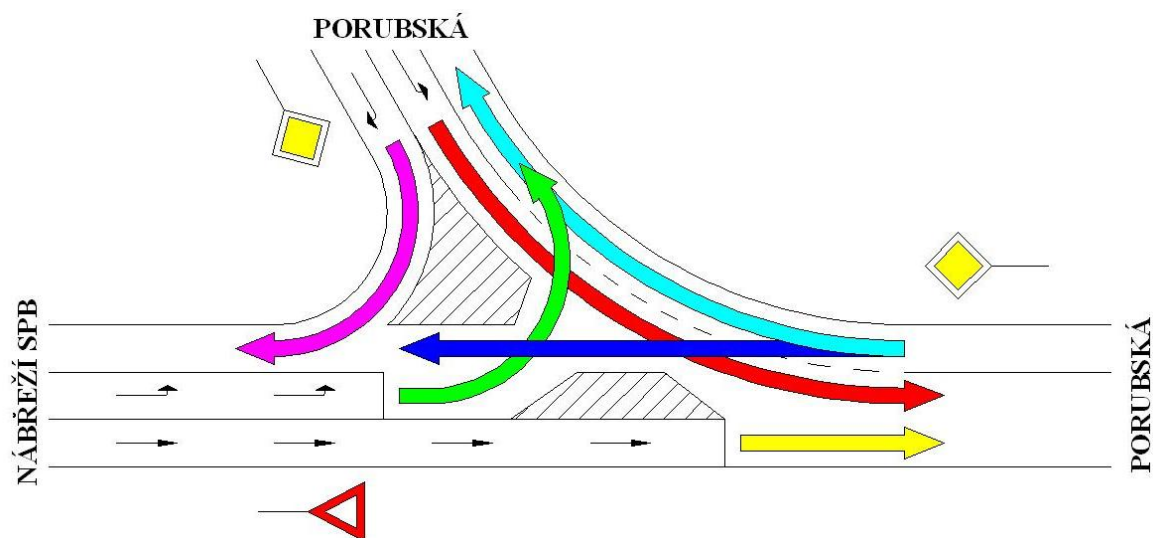
Příloha A: Lokalizace křižovatky Porubská – Nábřeží SPB a přilehlých ulic z globálního pohledu na město Ostrava [4].



Příloha B: Náhledy do křižovatky ze všech třech směrů, pohled na obchody v suterénu oblouku a věž, ze které byl pořízen videáznam.



Příloha C: Dopravní průzkum na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB s použitím Folprechtovy videoanalýzy.



Datum průzkumu: 20. listopadu 2009, pátek, pracovní den

Doba měření: 14:00 – 15:00

Počasí: jasno, větrno

	<i>Osobní automobily (dodávky)</i>	<i>Nákladní automobily, autobusy</i>	<i>Článkové autobusy</i>	<i>Jednostopá vozidla</i>	Σ
Porubská - Porubská	306	10	2	2	320
Porubská - Porubská	261	12	2	1	276
Porubská - Nábřeží SPB	154	6	0	3	163
Porubská - Nábřeží SPB	69	1	6	0	76
Nábřeží SPB - Porubská	118	6	2	2	128
Nábřeží SPB - Porubská	55	2	4	0	61
CELKOVÝ POČET VOZIDEL	963	37	16	8	<u>1024</u>
CELKOVÝ POČET JEDNOTKOVÝCH VOZIDEL	963	74	48	6,4	<u>1091,4</u>

Příloha D: Tabulka nehodovosti na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB za rok 2008 a policejní záznamy pořízené z místa nehody [12].

4041 - Nábřeží SPB x Porubská rok 2008

Pořadí	Číslo dopr. nehody	Datum	Den a hodina	Příčina dopr. nehody a alkohol	Usmrceno	Těžce zraněno	Léčce zraněno	Hmotná škoda v tis.Kč	Viník dopr. nehody	Účastník dopr. nehody	Směr pohybu vozidel	Topografie a řízení provozu
1	2019	26_05	1:15	13+0				25	NA:3	OA:3	51x85	19.3
2	4676	22_11	6:16	22+0				5	OA:3	AB:3	05x05	10.3
3	5044	12_12	5:17	14+0				100	OA:3	OA:3	51x85	19.3

4041 Nábřeží SPB x Porubská rok 2008

2019

Dne 26. května 2008 v 14:40 hod. řídil v Ostravě - Porubě po ul. Nábřeží SPB ve směru od ul. Francouzské k ul. 17. listopadu řidič nákladní vozidlo Škoda Pick-Up, registrační značky , kdy tento při odbočování vlevo nedal přednost v jízdě osobnímu vozidlu Renault Thalia, registrační značky , které po hlavní pozemní komunikaci ul. Porubské ve směru od ul. Hlavní třída k ul. Francouzské řídil řidič a došlo ke střetu a poškození obou zúčastněných vozidel. Dechová zkouška na alkohol byla provedena přístrojem DRÄGER, její výsledek byl negativní. Ke zranění osob nedošlo. Technická závada, jako příčina dopravní nehody, nebyla na místě ohledáním zjištěna ani uplatněna.

4676

Dne 22. listopadu 2008 v 15:35 hodin řídil v Ostravě Porubě po ul. Porubské ve směru jízdy od ul. M. Kopeckého k ul. Francouzské os. vozidlo dosud neustanovený řidič, kdy tento v prostoru křižovatky s ul. nábr. SPB, při průjezdu levotočivé zatáčky, nepřizpůsobil rychlost jízdy zejména povětrnostním podmínkám, na namrzlém povrchu uvedl vozidlo do smyku a narazil do autobusu MHD , linky č. 37/205, který řídil a se kterým v prostoru uvedené křižovatky ve směru jízdy od ul. Francouzské k ul. nábr. SPB stál řidič , čímž vznikla hmotná škoda na uvedených vozidlech. Po střetu os. vozidlo z místa ujelo. Poranění osob na místě nezjištěno, u neznámého řidiče požití alkoholu nelze vyloučit, u řidiče Michny bylo požití alkoholu na místě vyloučeno přístrojem Dräger, technická závada, jako příčina dopravní nehody, nebyla na místě ohledáním zjištěna ani uplatněna.

5044

Dne 12. prosince 2008 v 16:00 hod. řídila v Ostravě-Porubě přes křižovatku ulic Nad Porubkou Porubská po ulici Nad Porubkou od ulice Francouzské os. vozidlo přičemž nedala přednost v jízdě zprava jedoucímu os. vozidlu , které po ulici Porubské řídil , vjela mu do jízdní dráhy, takže došlo ke střetu. Při nehodě utrpěl řidič poranění naražení kolena, které si nevyžádalo lékařské ošetření, jeho spolujedoucí syn utrpěl poranění naražení hrudníku, ošetření preventivní prohlídka lékařem bez léčení, spolujedoucí dcera vyšetřena lékařem preventivně bez léčení. Alkohol byl vyloučen dech. zkouškou přístrojem Dräger Technická závada, jako příčina dopravní nehody, nebyla na místě ohledáním zjištěna ani uplatněna.

Příloha E: Konfliktní situace na křižovatce Porubská – Nábřeží SPB.



Příloha F: Tabulka limitních hodnot střední doby zdržení na vjezdech do neřízené křižovatky [7].

Úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení v sekundách
Označení	Charakteristika doby zdržení	
A	Doba zdržení velmi malá	= 10
B	Zdržení ještě bez front	= 20
C	Ojedinělé krátké fronty	= 30
D	Stabilní stav s vysokými ztrátami	= 45
E	Nestabilní stav	> 45
F	Překročená kapacita	- ¹⁾
¹⁾ UKD na stupni F je dosaženo při hodnotě stupně vytížení $a_v > 1$		

Stupně úrovně kvality dopravy lze charakterizovat následujícím způsobem:

Stupeň A: Doba zdržení je velmi malá.

Stupeň B: Podřazený dopravní proud je ovlivněný. Doba zdržení je malá.

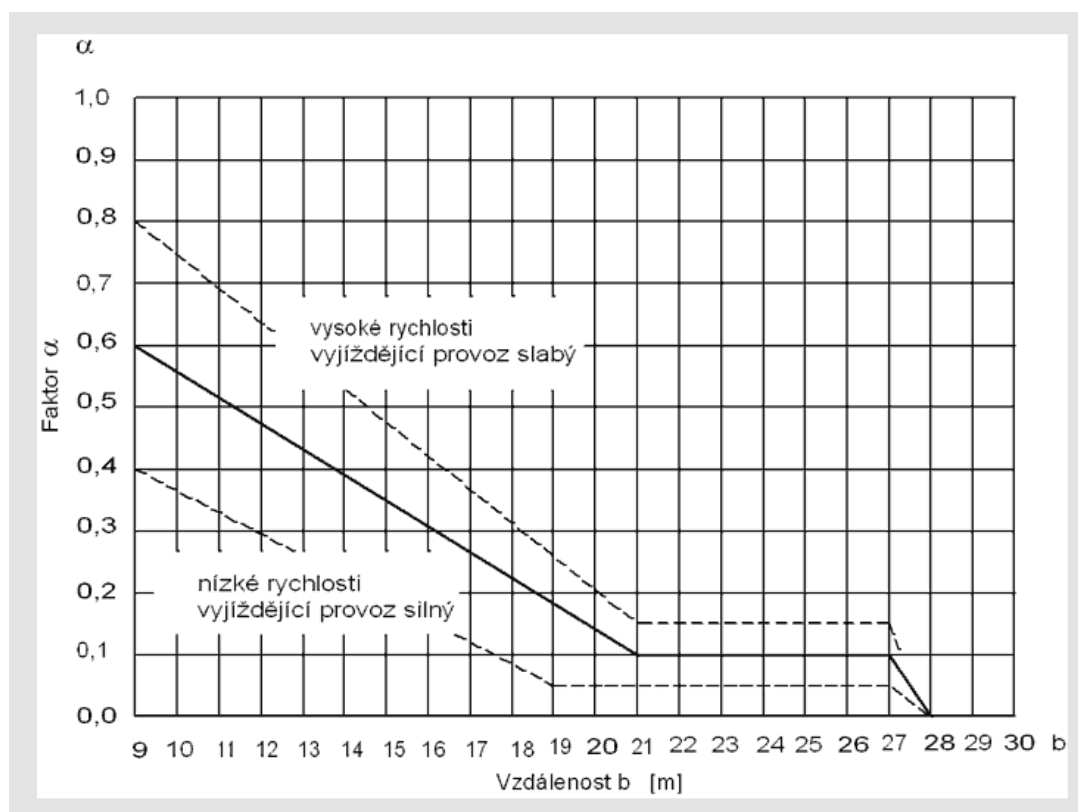
Stupeň C: Doba zdržení je citelná. Vznikají ojedinělé krátké fronty.

Stupeň D: Fronta vozidel vyvolává výrazné časové ztráty. Dopravní situace je ještě stabilní.

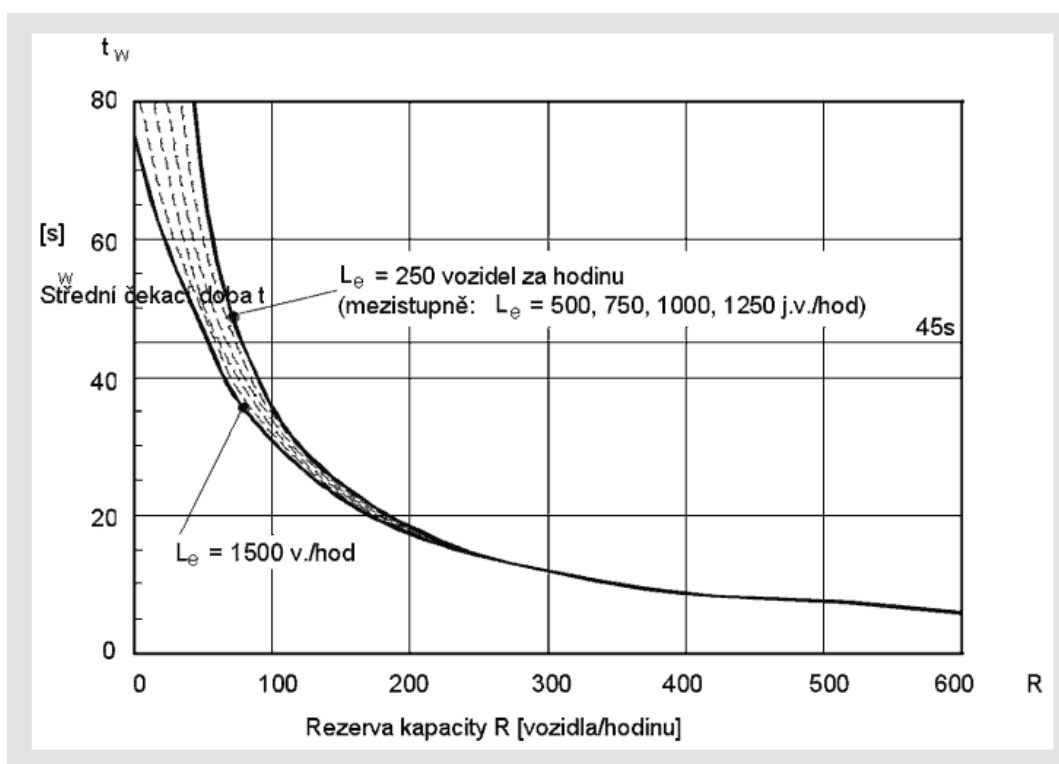
Stupeň E: Tvoří se fronta, která se při existujícím zatížení již nesnižuje. Charakteristická je citlivá závislost, kdy malé změny zatížení vyvolají prudký nárůst ztrát.

Stupeň F: Kapacita je překročena. Fronta vozidel narůstá bez ohledu na dobu čekání. Křižovatka je přetížena v delším časovém intervalu.

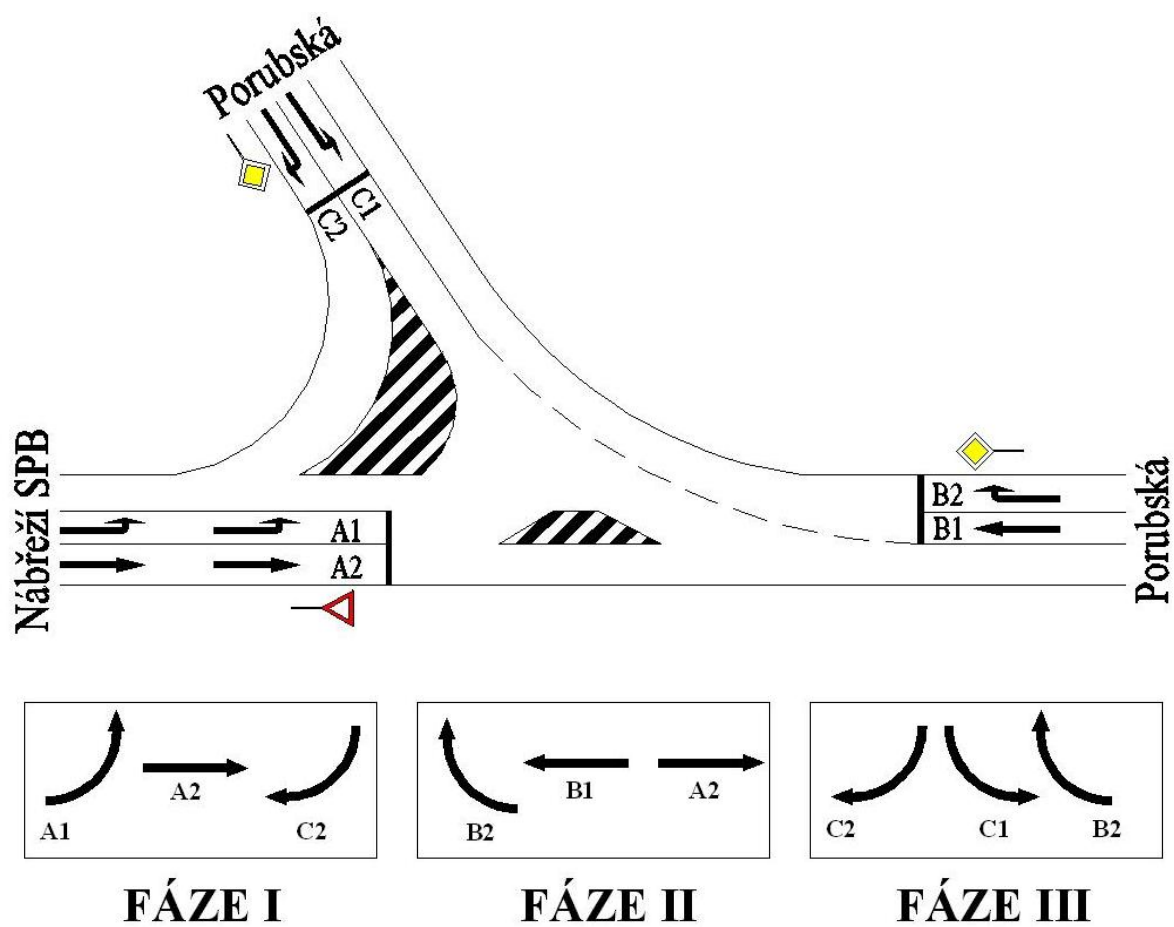
Příloha G: Graf pro zjištění faktoru α [15].



Příloha H: Střední čekací doba v závislosti na rezervě kapacity a kapacitě vjezdu [15].



Příloha I: Fázové schéma pro křižovatku Porubská – Nábřeží SPB.



Příloha J: Tabulky najížděcích a vyklizujících směrů včetně stanovených hodnot mezičasů.

Najíždí	Vyklizuje		
A1	B1	B2	C1
L_v [m]	43,4	43,2	23,2
L_n [m]	6,9	25,4	16,5
V_v [m/s]	9,7	7,0	7,0
V_n [m/s]	7,0	7,0	7,0
l_{voz} [m]	5,0	5,0	5,0
t_v [s]	5,0	6,9	4,0
t_n [s]	1,0	3,6	2,4
t_b [s]	2,0	2,0	2,0
t_m [s]	6,0	5,3	3,7
t_{mskut} [s]	6	6	4

Najíždí	Vyklizuje
A2	C1
L_v [m]	64,2
L_n [m]	45,6
V_v [m/s]	7,0
V_n [m/s]	9,7
l_{voz} [m]	5,0
t_v [s]	9,9
t_n [s]	4,7
t_b [s]	2,0
t_m [s]	7,2
t_{mskut} [s]	8

Najíždí	Vyklizuje		
B1	A1	C1	C2
L_v [m]	6,9	66,2	39,4
L_n [m]	43,4	19,5	66,1
V_v [m/s]	7,0	7,0	7,0
V_n [m/s]	9,7	9,7	9,7
l_{voz} [m]	5,0	5,0	5,0
t_v [s]	1,7	10,2	6,3
t_n [s]	4,5	2,0	6,8
t_b [s]	2,0	2,0	2,0
t_m [s]	-0,8	10,2	1,5
t_{mskut} [s]	0	11	2

Najíždí	Vyklizuje
B2	A1
L_v [m]	25,4
L_n [m]	43,2
V_v [m/s]	7,0
V_n [m/s]	7,0
l_{voz} [m]	5,0
t_v [s]	4,3
t_n [s]	6,2
t_b [s]	2,0
t_m [s]	0,2
t_{mskut} [s]	1

Najíždí	Vyklizuje		
C1	A1	A2	B1
L_v [m]	16,5	45,6	19,5
L_n [m]	23,2	64,2	66,2
V_v [m/s]	7,0	9,7	9,7
V_n [m/s]	7,0	7,0	7,0
l_{voz} [m]	5,0	5,0	5,0
t_v [s]	3,1	5,2	2,5
t_n [s]	3,3	9,2	9,5
t_b [s]	2,0	2,0	2,0
t_m [s]	1,8	-2,0	-4,9
t_{mskut} [s]	2	0	0

Najíždí	Vyklizuje
C2	B1
L_v [m]	66,1
L_n [m]	39,4
V_v [m/s]	9,7
V_n [m/s]	7,0
l_{voz} [m]	5,0
t_v [s]	7,3
t_n [s]	5,6
t_b [s]	2,0
t_m [s]	3,7
t_{mskut} [s]	4

Příloha K: Tabulka standardních hodnot pro výpočet mezičasů [16].

STANDARDNÍ HODNOTY PRO VÝPOČET MEZIČASŮ		
VYKLIZOVACÍ A NAJÍŽDĚCÍ RYCHLOSTI	[km.h ⁻¹]	[m.s ⁻¹]
Motorová vozidla		
- v přímém směru	35	9,7
- v oblouku	25	7,0
Tramvaje		
- v přímém směru a v obloucích o poloměru 60 m nebo větším v úsecích bez kolejových konstrukcí	25	7,0
- v obloucích o poloměru 25 až 60 m	20	5,6
- v obloucích o poloměru menším než 25 m	15	4,2
- v místech výhybek a kolejových křižovatek (s výjimkou jízdy přes výhybky proti hrotům do odbočky)	15	4,2
- v místech výhybek při jízdě proti hrotům do odbočky	10	2,8
Cyklisté	15	4,2
Chodci	5	1,4
DÉLKA VYKLIZUJÍCÍHO VOZIDLA A BEZPEČNOSTNÍ DOBA	l_{voz} [m]	t_b [s]
Motorová vozidla	5	2
Tramvaje	15	0
Cyklisté	0	1
Chodci	0	0

Příloha L: Tabulky určující maximální mezičasy pro jednotlivé kombinace fází.

1 a 2	Najíždí z 2. fáze		
Vyklizuje	A2	B1	B2
A1	-	0	1
A2	-	-	-
C2	-	2	-
t_{m12}	2		

1 a 3	Najíždí z 3. fáze		
Vyklizuje	B2	C1	C2
A1	1	2	-
A2	-	0	-
C2	-	-	-
t_{m13}	2		

2 a 1	Najíždí z 1. fáze		
Vyklizuje	A1	A2	C2
A2	-	-	-
B1	6	-	4
B2	6	-	-
t_{m21}	6		

2 a 3	Najíždí z 3. fáze		
Vyklizuje	B2	C1	C2
A2	-	0	-
B1	-	0	4
B2	-	-	-
t_{m23}	4		

3 a 1	Najíždí z 1. fáze		
Vyklizuje	A1	A2	C2
B2	6	-	-
C1	4	8	-
C2	-	-	-
t_{m31}	8		

3 a 2	Najíždí z 2. fáze		
Vyklizuje	A2	B1	B2
B2	-	-	-
C1	8	11	-
C2	-	2	-
t_{m32}	11		

Kombinace fází	t_m [s]	Kombinace fází	t_m [s]	Kombinace fází	t_m [s]
1 a 2	2	2 a 1	6	3 a 1	8
1 a 3	2	2 a 3	4	3 a 2	11

Příloha M: Hodnoty pro určení dílčích koeficientů faktoru omezení [16].

Šířka řadícího pruhu	$k_{\text{řlř}} [-]$
2,75 m	1,15
3,00 až 3,50 m	1,00
3,75 m	0,85
Sklonové poměry	$k_{\text{skl}} [-]$
stoupání +3,5 %	1,10
+5,0 %	1,15
klesání - 3,5 %	0,90
-5,0 %	0,85
poloměr odbočování	$k_{\text{R}} [-]$
10,00 m	1,15
15,00 m	1,10
30,00 m	1,20
odbočující a přímo jedoucí vozidla v jednom řadícím pruhu	k_{odb}
10,0 %	1,05
20,0 %	1,10
30,0 % a více	1,20
počet řadících pruhů pro tentýž směr na jednom vjezdu	k_{n} [-]
2 pruhy 3,50 m 15,00 m	1,05
2 pruhy 3,00 m	1,10
3 pruhy 3,00 m	1,15
vozidla odbočují současně s přecházejícími chodci	$k_{\text{ch}} [-]$
přechod je zatížen slabě	1,00
přechod je zatížen středně	1,10
přechod je zatížen silně	1,20
koeficient nárůstu intenzit dopravy	$k_{\text{nřr}} [-]$
	1,30

Příloha N: Signální plán křižovatky Porubská – Nábřeží SPB.

